



PROYECTO DE TRABAJO DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA EN LA GANADERÍA SOSTENIBLE EN TOCA, BOYACÁ**

LAURA MARITZA CAMARGO AYALA

PAULA ANDREA GARZÓN RICO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE OBRAS

BOGOTÁ D. C. 16 NOVIEMBRE DE 2018



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Generalidades.....	10
1.1.	Línea de investigación.....	10
1.2.	Planteamiento del problema.....	10
1.2.1.	Antecedentes del problema.....	10
1.2.2.	Pregunta de investigación.....	10
1.2.3.	Variables del problema.....	10
1.3.	Justificación.....	11
1.4.	Objetivos	12
1.4.1.	Objetivo general	12
1.4.2.	Objetivos específicos.....	12
2.	Marcos de referencia.....	14
2.1.	Marco conceptual	14
2.2.	Marco teórico	19
2.2.1.	Gerencia de proyectos	19
2.2.2.	Energías sostenibles	20
2.2.3.	Ganadería sostenible.....	22
2.3.	Marco jurídico	27

2.3.1.	Ley 1450 de 2011	27
2.3.2.	Ley 697 de 2001	27
2.3.3.	Ley 1715 de 2014	28
2.3.4.	Decreto 2501 de 2007.....	28
2.3.5.	Resolución 180740 de 2007	28
2.3.6.	Resolución 045 de 2016	29
2.3.7.	Resolución 083 de 2008	29
2.3.8.	Resolución 0520 de 2007	30
2.3.9.	Norma técnica colombiana NTC-ISO 22000	30
2.4.	Marco geográfico	31
2.5.	Estado del arte	34
2.5.1.	<i>Project Management Institute</i> (PMI) Colombia.....	34
2.5.2.	Energías alternativas en Colombia	34
2.5.3.	Ganadería sostenible:	36
3.	Metodología	38
3.1.	Fases del trabajo de grado	38
3.1.1.	Fase uno: evaluación.	38
3.2.	Cronograma y presupuesto seguido	48
3.2.1.	Cronograma	48
3.2.2.	Presupuesto.....	50

3.3.	Instrumentos o herramientas utilizadas	50
3.3.1.	Mapa solar de Colombia.....	51
3.3.2.	Mapa de variación climática Boyacá.....	51
3.3.3.	NASA <i>Surface meteorology and solar energy – Location</i>	52
3.3.4.	Guía del PMBOK 6ª edición	53
3.4.	Alcances y limitaciones.....	53
3.4.1.	Alcances	53
3.4.2.	Limitaciones:	54
4.	Resultados	56
4.1.	Desarrollar el plan de necesidades para este tipo de proyecto.	56
4.1.1.	Producción lechera mecánica	56
4.1.2.	Sistema de energía solar fotovoltaica	57
4.2.	Realizar el estudio bioclimático del lugar a trabajar	60
4.3.	Realizar un análisis de costos del proyecto.	61
4.4.	Desarrollar el proyecto mediante la metodología PMI.	61
5.	Análisis de resultados e impactos	62
5.1.	¿Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados?	62
5.2.	Aporte de los resultados a la Gerencia de Obras.....	62
5.3.	Estrategias de comunicación y divulgación	63
6.	Conclusiones	64

7.	Nuevas áreas de estudio	65
8.	Bibliografía	66
9.	Anexos	76

Lista de tablas

Tabla 1. Egresos actuales de la finca.	41
Tabla 2. Ingresos actuales de la finca.	41
Tabla 3. Proyección de egresos con 30 vacas	42
Tabla 4. Proyección de ingresos con 30 vacas.....	43
Tabla 5. Flujo de caja sistema tradicional por seis años	45
Tabla 6. Flujo de caja del sistema de producción con energía autónoma por seis años.....	45
Tabla 7. Flujo de caja de sistema con energía híbrida por seis años.....	46
Tabla 8. Cronograma seguido.....	48
Tabla 9. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).	50
Tabla 10. Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).....	50
Tabla 11. Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)	50
Tabla 12. Valoración de las salidas de campo (en miles de \$)	50
Tabla 13. Necesidades del ordeño mecánico	56
Tabla 14. Cargas de la maquinaria requerida.....	58
Tabla 15. Resultado de análisis electrónico.....	59
Tabla 16. Condiciones de diseño sistema fotovoltaico	60

Lista de imágenes

Imagen 1. Sistema fotovoltaico de bombeo de agua.....	15
Imagen 2 Panel solar y célula fotovoltaica.	15
Imagen 3 Celdas de silicio.	16
Imagen 4 . Localización de la finca "La Chorrera".....	31
Imagen 5. Mapa de Boyacá	32
Imagen 6. Mapa de Toca	33
Imagen 7. Mapa de brillo solar de Colombia.....	51
Imagen 8. Mapa de cambio climático Boyacá	52
Imagen 9 Página web del sistema meteorológico de la NASA.....	53

Lista de diagramas

Diagrama 1. Esquema de las energías renovables procedentes de la transformación de la energía solar.....	21
--	----

Lista de gráficos

Gráfico 1.Comparativo de inversión.....	47
---	----

Lista de anexos

Anexo 1. Documento de alcance del proyecto.....	76
Anexo 2. Cuadro de afinidad: requerimientos del proyecto	79
Anexo 3. Estructura de desglose de trabajo (EDT).....	80
Anexo 4. Gestión de interesados	81
Anexo 5. Cronograma desarrollado.....	85
Anexo 6. Elementos requeridos para ordeño mecánico	86
Anexo 7. Análisis de equipos y diseño fotovoltaico	87
Anexo 8. Costo de maquinaria requerida.....	89
Anexo 9. Matriz de riesgo	91
Anexo 10. Tabla de símbolos alfabetizables RAE.....	94

Introducción

La temática desarrollada a continuación tiene como fin estructurar una metodología que pueda ser implementada para el uso de energía solar fotovoltaica aplicada a la ganadería sostenible, enfocada a la producción lechera, en la finca La Chorrera del municipio de Toca (Boyacá), tomando como referente el *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) para gestión de proyectos; con el fin de que estos pequeños productores puedan incursionar en el mercado lechero, con una disminución de costos de producción que les permita generar mayor ganancia.

La finalidad de esta investigación es enmarcar la importancia del uso de las energías renovables en la actualidad, con el fin de contribuir al cuidado del medio ambiente y al desarrollo de nuevas tecnologías en un ámbito tan importante para el país como la ganadería, que es una de las industrias que genera mayor porcentaje de emisiones de gases de efecto invernadero. Por esta razón es importante evidenciar las problemáticas generadas tanto por el uso de energías fósiles, como por la ganadería tradicional y de igual forma proporcionar soluciones a éstas.

Para lograr un buen desarrollo de proyecto, se hace una investigación sobre la ganadería sostenible y energías renovables en el país, para entender cómo han llegado a utilizarse y su evolución a través del tiempo.

1. Generalidades

1.1. Línea de investigación

Gestión y tecnología para la sustentabilidad de las comunidades

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Antecedentes del problema

En la finca La Chorrera, ubicada en el municipio de Toca (Boyacá), durante varios años se ha trabajado la ganadería a pequeña escala, generando ingresos a partir de la producción de leche, lastimosamente el mercado lácteo nacional ha tenido bajas considerables que han llegado a afectar a este tipo de productores pequeños, por esto se está buscando desarrollar una metodología que contribuya al desarrollo de una ganadería sostenible a partir de energías alternativas con el fin de disminuir costos y aumentar su competitividad en el mercado.

1.2.2. Pregunta de investigación

¿Qué tan factible es implementar un proyecto de energías sostenibles con energía solar fotovoltaica en la finca La Chorrera en Toca, Boyacá?

1.2.3. Variables del problema

Las variables se utilizan en la investigación con el fin de representar un concepto importante para el proyecto [1]. Dentro de este proyecto trataremos dos variables diferentes:

Variable independiente

La variable independiente se caracteriza por ser el objeto al que se le evaluará su manera de influir, incidir o afectar a otras variables [1]. Este tipo de variable no depende de nada para estar presente. En este proyecto la variable independiente es la energía renovable utilizada para la ganadería sostenible.

Variable dependiente

La variable dependiente contiene las modificaciones que sufren los sujetos de estudio como resultado de los cambios en la variable independiente hechos por el experimentador [1]. Es decir, el comportamiento de esta variable depende siempre de la variable independiente. En este proyecto la variable dependiente es la competitividad en el mercado del productor.

1.3. Justificación

Según un balance realizado por la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN), a lo largo de los años, en Colombia se han venido implementando diferentes tratados de libre comercio (TLC) que han afectado, en su mayoría, a los pequeños productores nacionales; ya que, por la falta de asociación entre ellos y de tecnificación de la producción en el campo nacional, hacen que la adquisición de producto interno genere un mayor costo [2].

Por esto, los pequeños productores se ven en la necesidad de buscar alternativas que les permitan mejorar el desarrollo de su industria, volviéndolos competitivos para el mercado a un menor costo.

Basados en lo anterior, se quiere realizar un estudio de factibilidad en una finca en Toca

(Boyacá), para el desarrollo de un proyecto de ganadería sostenible, enfocado hacia el sector lácteo y que, junto con la implementación de energías renovables, contribuya al mejoramiento de la capacidad de producción de la finca y sirva como referente para otros productores de la región.

A partir de esta problemática, dentro de la especialización de gerencia de proyectos de la Universidad Católica de Colombia, vemos una oportunidad para generar un impacto en la región Cundi-Boyacense, a través de la creación de un proyecto que permita a los productores conocer una metodología que les facilite llevar a cabo el desarrollo de un tipo de ganadería sostenible, que fortalezca la economía local, mejorando sus índices de producción y contribuyendo con el cuidado del medio ambiente, dándoles así una ventaja más para ingresar al mercado.

De igual forma, a través de este proyecto buscamos generar un referente nuevo de investigación dentro de la universidad, que permita contribuir al desarrollo de nuevas tecnologías para el sector ganadero del país, que se cuenta entre las principales fuentes económicas de la nación.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar las condiciones de la finca La Chorrera ubicada en Toca (Boyacá), para realizar un proyecto de energías alternativas que respalde un proyecto de ganadería sostenible en el lugar.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Realizar el estudio bioclimático del lugar a trabajar
2. Desarrollar el plan de necesidades para este tipo de proyecto

3. Realizar un análisis de costos del proyecto
4. Desarrollar el proyecto mediante la metodología PMI

2. Marcos de referencia

2.1. Marco conceptual

- Energía: capacidad para realizar un trabajo. Se mide en Julios [3].
- Sostenible: especialmente en ecología y economía, que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente [3].
- Energía solar: energía obtenida a partir de la radiación del sol y utilizada para usos térmicos mediante colectores o para generar electricidad con paneles fotovoltaicos [3].
- Fotovoltaico: perteneciente o relativo a la conversión directa de energía luminosa en energía eléctrica [3].
- Ganadería: crianza o comercio de ganados [3].
- Energías renovables: la energía renovable podría definirse como aquella que no consume recursos y además no contamina (en el sentido clásico de la palabra), es decir, que se trata de unas fuentes de suministro que pueden hacer de la energía un elemento sostenible [4].
- Sistemas fotovoltaicos: un sistema fotovoltaico es un conjunto de dispositivos que aprovechan la energía producida por el sol y la convierten en energía eléctrica. Los sistemas fotovoltaicos se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (DC). En un sistema conectado a la red eléctrica esta energía, mediante el uso de un inversor, es transformada a corriente alterna (AC), la cual puede ser utilizada en hogares e industrias [5].
- Ganadería sostenible: es la oportunidad para mejorar la producción del negocio

ganadero a través del trabajo amigable con el medio ambiente; con el uso de diferentes sistemas como por ejemplo el uso de diferentes tipos de árboles integrados a la producción ganadera (sistemas silvopastoriles), y la conservación de bosques nativos en su finca [6], de igual forma a través de uso de sistemas de energías renovables como la solar fotovoltaica para el bombeo de agua para regadío de campos y cultivos [7].



Imagen 1. Sistema fotovoltaico de bombeo de agua.
Fuente [7].

- Panel solar: un panel solar es un dispositivo para aprovechar la energía solar. También se le puede llamar módulo solar. Los paneles solares fotovoltaicos contienen un conjunto de células solares que convierten la luz en electricidad [8].



Imagen 2 Panel solar y célula fotovoltaica
Fuente [9].

- Radiación solar: es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las

direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima [10].

- Celdas fotovoltaicas: elementos que transforman parte de la luz solar en electricidad, por medio del efecto fotoeléctrico de ciertos materiales, propiedad que hace que se absorban fotones de luz y se emitan electrones. Al capturar estos electrones libres, se genera una corriente eléctrica que puede ser utilizada como electricidad. Las celdas fotovoltaicas se fabrican principalmente de silicio (imagen 3) [11].

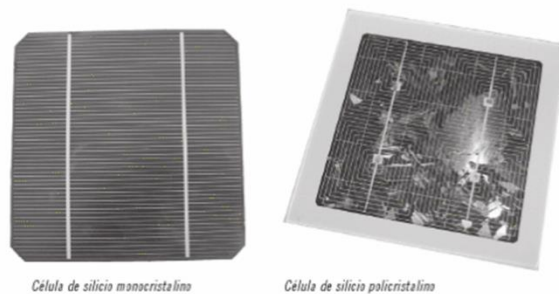


Imagen 3 Celdas de silicio
Fuente [12].

- *Project Management Institute (PMI)*: es una de las asociaciones profesionales de miembros más grandes del mundo que cuenta con medio millón de miembros e individuos titulares de sus certificaciones en 180 países. Es una organización sin fines de lucro que avanza la profesión de la dirección de proyectos a través de estándares y certificaciones reconocidas mundialmente, a través de comunidades de colaboración, de un extenso programa de investigación y de oportunidades de desarrollo profesional [13].
- *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)*: describe un conjunto de conocimientos y de prácticas aplicables a cualquier situación que requiera formular,

las cuales han sido concebidas luego de evaluación y consenso entre profesionales pares sobre su valor y utilidad. Documenta la información necesaria para iniciar, planificar, ejecutar, supervisar y controlar, y cerrar un proyecto individual, e identifica los procesos de la dirección de proyectos que han sido reconocidos como buenas prácticas para la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo [14].

- Silvopastoril: es aquel uso de la tierra y tecnologías en que árboles, arbustos, palmas y otros, son combinados en la misma unidad de manejo con plantas herbáceas y/o animales, incluso en la misma forma de arreglo espacial o secuencia temporal, y en que hay interacciones tanto ecológicas como económicas entre los diferentes componentes. tienen como objetivo implementar pautas de manejo que permitan lograr productos de mayor valor [15].
- Inversor de voltaje: es un dispositivo electrónico que convierte un determinado voltaje de entrada de corriente continua (CC en español, DC en inglés) en otro voltaje de salida de corriente alterna (CA en español, AC en inglés). Es decir, recibe corriente continua de un determinado voltaje y proporciona corriente alterna generalmente de un voltaje diferente al de entrada [16].
- Mecanismo de desarrollo limpio: El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) surge del Protocolo de Kyoto como un instrumento innovador basado en el mercado de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), a través de la implementación de Proyectos y Programas de Actividades en los diferentes sectores productivos como el industrial, energético, forestal, de residuos y de transporte en el ámbito nacional, que generen emisiones de GEI [17].

2.2. Marco teórico

Para el desarrollo de este proyecto es necesario enfatizar en tres líneas teóricas que lo componen, que son: gerencia de proyectos, energías renovables y ganadería sostenible, con el fin de mostrar la manera en que pueden complementarse unas con otras.

2.2.1. Gerencia de proyectos

Partimos del concepto de gerencia de proyectos que según el PMI es “la aplicación del conocimiento, de las habilidades, y de las técnicas para ejecutar los proyectos en forma eficiente y efectiva”, que permite a las organizaciones tener mejor competitividad en el mercado, pues a través de ésta se obtienen mejores resultados en el desarrollo de sus proyectos [18].

La dirección de proyectos se basa en cinco grupos de procesos para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto, estos son:

- Iniciación.
- Planificación.
- Ejecución.
- Monitoreo y Control.
- Cierre.

Dentro de la dirección de proyectos se encuentran además diez áreas de conocimiento [18]:

- Gestión de la integración.
- Gestión del alcance.

- Gestión del tiempo.
- Gestión del costo.
- Gestión de la calidad.
- Gestión de adquisiciones.
- Gestión de recursos humanos.
- Gestión de las comunicaciones.
- Gestión de riesgos.
- Gestión de los interesados.

2.2.2. Energías sostenibles

Para tratar el tema tomamos como referencia el texto “Energías renovables” escrito por Jaime González Velasco en el que se tratan las energías renovables como “nuevas fuentes de energía, caracterizadas por reponerse a un ritmo igual o superior al que son consumidas” [19], según González estas energías se han ido implementando para suplir las necesidades que ha llegado a tener el ser humano a medida que evoluciona, pues las actividades que éste realiza cada vez requieren mayor cantidad y las energías que se consumen actualmente, al ser de tipo no renovable, obtenidas de combustibles fósiles, se van agotando a mayor velocidad desabasteciendo así las reservas día a día [20].

Para el año 2015 las energías renovables lograron establecerse como una fuente de energía muy importante en todo el mundo según un informe presentado por la Red de políticas renovables para el siglo 21 REN21 (*Renewable Energy Policy Network for the 21st century*), este crecimiento es debido principalmente al aumento de la rentabilidad de tecnologías renovables, facilidad de acceso a financiamiento, contribución al medio ambiente, entre otras. Gracias a esto

se han desarrollado nuevos tipos de mercados en varios países [21]. En el siguiente diagrama (diagrama 1) se puede ver la distribución de los diferentes tipos de energía sostenible según su fuente:

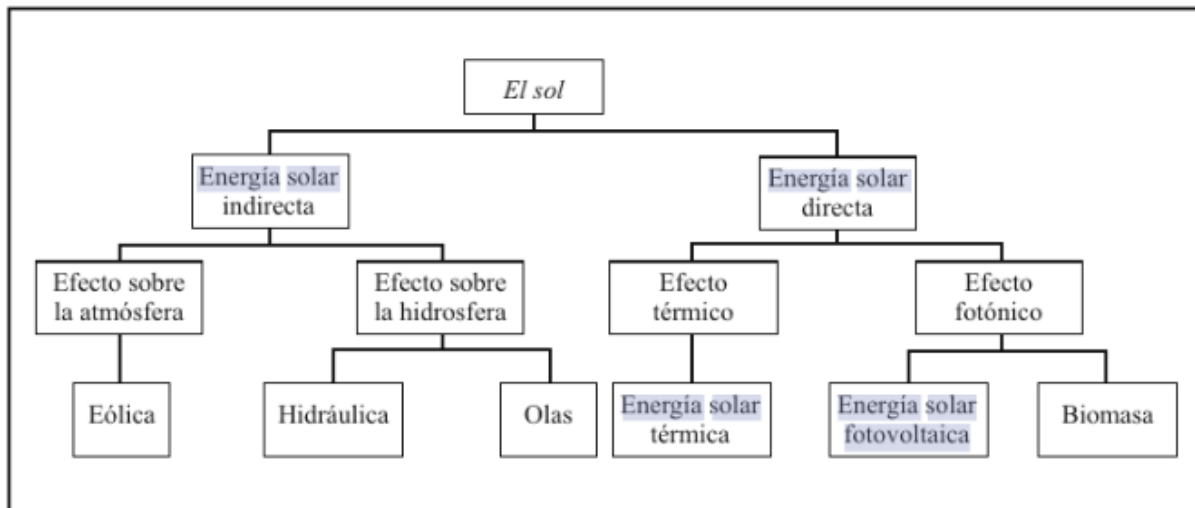


Diagrama 1. Esquema de las energías renovables procedentes de la transformación de la energía solar
Fuente [22].

En el libro “Energía solar térmica” los autores hacen referencia a la energía solar como “la madre de todas las energías renovables” [23] ya que cada ciclo de la naturaleza depende de la actividad del sol, y a partir de esta actividad surgen energías tales como la energía hidráulica, eólica, biomasa, entre otras. La energía solar básicamente consiste en utilizar la radiación del sol que llega a la superficie de la tierra y ésta puede aprovecharse de dos formas diferentes, como fuente de calor llamada “energía solar térmica” y como fuente de electricidad “energía solar fotovoltaica” [24].

La energía solar fotovoltaica es, en resumen, la captación y transformación de la energía solar en energía eléctrica; a través de células solares que permiten el mayor aprovechamiento

posible de ésta [25]. Teniendo en cuenta que la generación de esta energía depende de la radiación solar, José Antonio Domínguez, en su libro “Energías alternativas”, comenta que “Aunque nos parezca que la energía solar es siempre constante, no es así, depende de la cantidad de energía que genere el Sol y de la que nos llegue, que no es la misma todos los días.” [25], por esto se requiere la realización de estudios detallados del sector en el que se llevará a cabo, y los requerimientos de éste, para el desarrollo de este tipo de proyectos, si se espera tener un buen resultado en su implementación.

De igual manera existen diferentes formas de implementar las energías renovables ya que éstas pueden ser autónomas (es decir con funcionamiento sólo de un tipo de energía) o híbridas. En el artículo “Sistema híbrido de energía utilizando energía solar”, Díaz, Rodríguez y Pabón, describen los sistemas de energía híbridos como aquellos que “utilizan fuentes de energía primaria como la energía solar, eólica, hidroeléctrica, entre otras, y se combinan con alguna otra de estas fuentes de manera que tienen la ventaja de presentar un mayor equilibrio y estabilidad” [26], de igual manera aseguran que este tipo de sistemas disfruta de una mejor calidad de la energía y que así genera una optimización en el uso de las fuentes de energías alternativas disponibles [26].

2.2.3. Ganadería sostenible

Partimos del concepto de la ganadería sostenible como “la manera de hacer compatibles los beneficios empresariales y el respeto al medio ambiente, en el que el uso de la energía es imprescindible y permite una mayor rentabilidad” [27].

Según estudios del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), “la ganadería a nivel mundial es responsable del 18% de las emisiones de gases de

efecto invernadero” [28], por esto, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura busca alternativas que permitan disminuir la presión que genera el crecimiento acelerado de la ganadería sobre los recursos naturales y el medio ambiente.

A nivel nacional, existen treinta y cuatro millones (34'000.000) de hectáreas que son utilizadas para ganadería, a pesar de que, según estudios del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, “las tierras aptas para esta actividad apenas alcanzan los 15 millones de hectáreas”. Los 18 millones restantes de hectáreas que son utilizadas para este fin, eran antes bosques nativos y en la actualidad son terrenos pelados [29].

En el libro “Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en América Latina y el Caribe: lecciones a partir de casos exitosos”, los autores llegan a la conclusión de que el incremento descontrolado de la actividad ganadera en América Latina y el Caribe, puede llegar a ser una amenaza en cuanto al desarrollo sustentable de la región, sin embargo, si llega a hacerse teniendo en cuenta los sistemas de producción ganaderos sostenibles puede llegar a ser una gran oportunidad para el mejoramiento económico y la disminución de la pobreza [30].

Producción lechera

Es el proceso que se lleva a cabo con el fin de organizar de manera eficiente los recursos disponibles para la obtención de leche. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, esta producción contribuye a la evolución de la economía para el mejoramiento de la misma a nivel mundial, ya que en los últimos años se ha convertido en un medio relativamente efectivo de ingreso para pequeños y grandes productores [31].

Existen diferentes tipos de producción lechera y en el presente trabajo se destaca el sistema de producción lechera en pastoreo, que se caracteriza por ser un sistema basado en la

tierra y en el que la leche es su producto principal [31].

En la actualidad, con el fin de disminuir la emisión de gases de efecto invernadero se está desarrollando la producción lechera con ayuda de energías renovables, por ejemplo, el uso de paneles solares para la generación de energía solar fotovoltaica que ayude al funcionamiento de la maquinaria requerida en estos procesos.

Proceso de producción lechera con energía fotovoltaica:

- *Autónomo:*

Las celdas fotovoltaicas se pueden instalar a un techo o en un sistema separado. Para ser efectivo, el sistema necesita un acceso libre a los rayos solares durante la mayor parte o todo el día [32]. Los paneles solares están conectados a un regulador que controla la energía recibida y a unas baterías que, en un sistema autónomo, son indispensables para que el funcionamiento de los paneles sea el adecuado. Finalmente, se realiza la conexión de las máquinas al controlador de carga y el sistema ya funciona totalmente independiente de la red eléctrica local.

- *Híbrido:*

Los paneles solares transforman fotones de los rayos solares en electricidad de corriente eléctrica; esta corriente directa, pasa a través de un inversor, el cual la transforma en corriente alterna, lo que permite su uso. La energía generada por el sistema en conjunto con la de la red, alimentan el 100% del lugar en el que se quiera instalar. Igual que en el sistema autónomo, las máquinas requeridas se conectan al sistema, pero esta vez al inversor de corriente. En un futuro, si se genera más energía de la que se consume, se podrán entregar los excedentes a la red [33].

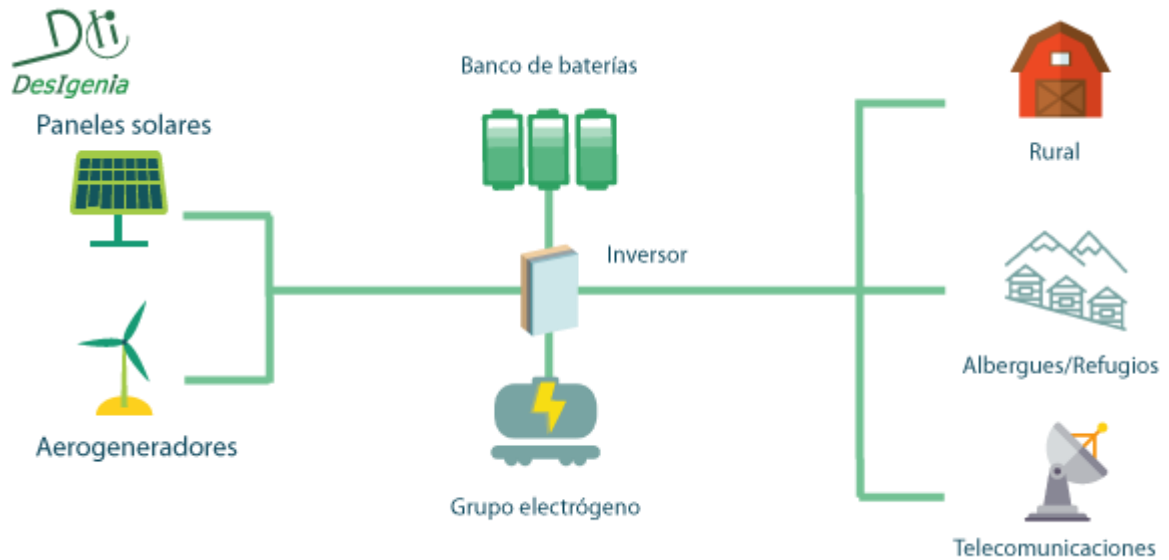


Ilustración 1 Sistema de energía híbrida
Fuente [34].

- *Sistema de ordeño mecánico*

El principal objetivo del ordeño mecánico es extraer la leche, a través del vacío generado por el sistema utilizado, de manera rápida e higiénica. Estas máquinas cuentan con un sistema sencillo, el cual consiste en un proceso cerrado que inicia con la bomba generadora de vacío, éste se conecta con un pulsador que abre y cierra constantemente la pezonera; ésta tiene la función de masajear la ubre de la vaca y así favorecer la expulsión de la leche, que será recolectada y trasladada a un recipiente para su correcto almacenamiento [35].

El circuito y sus elementos se pueden ver graficados en los siguientes esquemas:

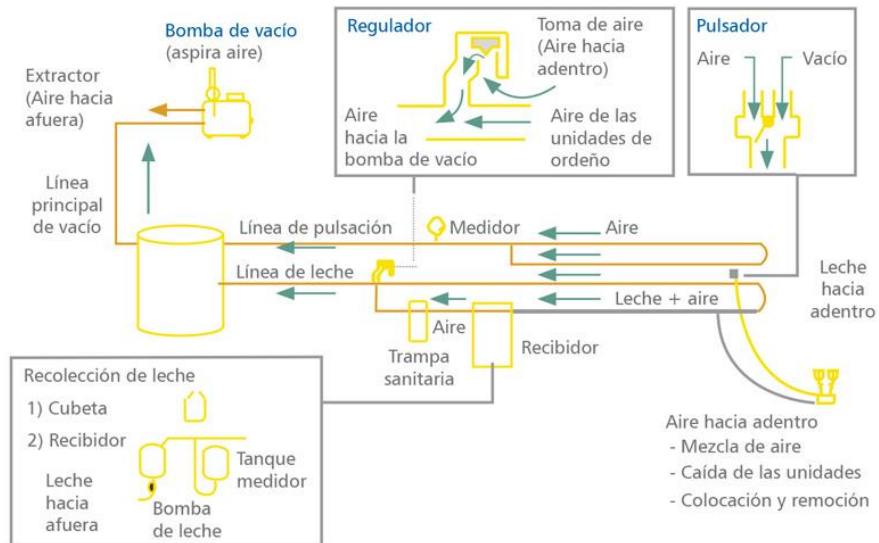


Ilustración 2. Proceso del ordeño mecánico
Fuente [36].

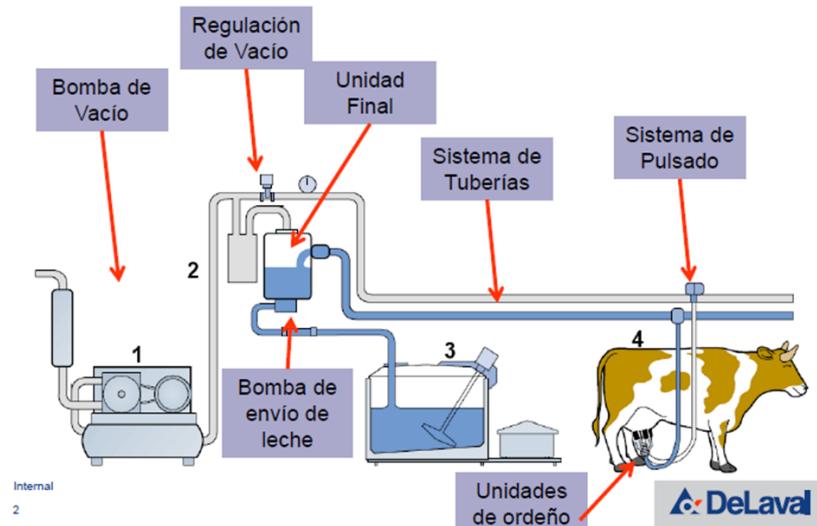


Ilustración 3. Maquinaria requerida en la producción lechera
Fuente [37].

2.3. Marco jurídico

2.3.1. Ley 1450 de 2011

La ley 1450 de 2011 del Plan Nacional de Desarrollo y Plan de Inversiones 2011 – 2014, contempla, entre otras cosas, el progreso social y dinamismo económico para el desarrollo sostenible. Resaltando que en el Artículo 105 se trata el tema de energías renovables.

Artículo 105. Energías renovables. El Gobierno Nacional diseñará e implementará una política nacional encargada de fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación en las energías solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, undimotriz y demás alternativas ambientalmente sostenibles, así como una política nacional orientada a valorar el impacto del carbono en los diferentes sectores y a establecer estímulos y alternativas para reducir su huella en nuestro país [38].

2.3.2. Ley 697 de 2001

Trata sobre el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) y lo clasifica como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional. Es fundamental para asegurar un abastecimiento energético completo, la competitividad de la economía colombiana, el fomento del uso de energías no convencionales de manera amigable y sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

“Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones” [39].

2.3.3. Ley 1715 de 2014

Se quiere promover el desarrollo y la utilización de las fuentes de energías renovables, en el sistema energético nacional, para integrarlas al mercado eléctrico, que lleguen a las zonas aisladas y sean aplicadas en otros usos energéticos como puente para el desarrollo económico sostenible, la reducción de contaminación ambiental y la seguridad del abastecimiento energético. Igualmente, se busca iniciar la gestión eficiente de la energía.

“Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional” [40].

2.3.4. Decreto 2501 de 2007

La energía se debe utilizar racional y eficientemente en productos y métodos que contribuyan a la generación de energía eléctrica, que la transformen, procesen y distribuyan. También en los productos destinados para el uso final de la energía: iluminación, refrigeración, calentadores, edificaciones públicas, viviendas de interés social, semaforización, entre otros.

“Por medio del cual se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica” [41], es de alcance nacional.

2.3.5. Resolución 180740 de 2007

De acuerdo con la metodología del Mecanismo de Desarrollo Limpio, actualizar el factor de emisión de gases de efecto invernadero para el cálculo de la línea base de las actividades de los proyectos que generen electricidad a partir de fuentes renovables, cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW.

Los formuladores de proyectos, que optan al Mecanismo de Desarrollo Limpio, podrán utilizar otro factor de emisión u otra metodología, siguiendo los procedimientos definidos para tal fin por parte la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

“Por medio del cual se actualiza el factor de emisión de gases de efecto invernadero para los proyectos de generación de energía con fuentes renovables conectados al sistema interconectado nacional cuya capacidad instalada sea igual o menor a 15 MW” [42].

2.3.6. Resolución 045 de 2016

Esta resolución establece los procedimientos y requisitos para requerir la certificación que acredita la documentación, con el fin de tramitar la solicitud de la certificación del beneficio ambiental ante la autoridad competente, con miras a obtener el beneficio de la supresión del IVA y/o la exención de gravamen arancelario. Ésta será adaptable a agentes tanto públicos como privados que medien en el desarrollo y la explotación de las FNCE.

“Por la cual se establecen los procedimientos y requisitos para emitir la certificación y avalar los proyectos de fuentes no convencionales de energía (FNCE), con miras a obtener el beneficio de la exclusión del IVA y la exención de gravamen arancelario de que tratan los artículos 12 y 13 de la ley 1715 de 2014, y se toman otras determinaciones” [43], es de alcance nacional.

2.3.7. Resolución 083 de 2008

Para retribuir la actividad de transmisión de energía eléctrica se manejará una tasa de retorno calculada con la metodología del Costo Promedio Ponderado de Capital.

Los valores de los parámetros, las fórmulas de cálculo, las fuentes de información y los periodos de tiempo de los datos requeridos para el cálculo de la tasa de retorno que se utilizará en las fórmulas tarifarias de la actividad de transmisión de energía eléctrica durante el próximo período tarifario, serán establecidos en esta resolución.

“Por la cual se define la metodología para el cálculo de la tasa de retorno que se aplicará en la remuneración de la actividad de transmisión de energía eléctrica y se fija dicha tasa” [44], es de carácter nacional.

2.3.8. Resolución 0520 de 2007

Mediante esta resolución, se establecen los procedimientos para el Registro de Proyectos de Generación de Energía Eléctrica del Sistema Interconectado Nacional y de las Zonas No Interconectadas, con el propósito de suministrar la información técnica y económica con respecto a los medios de expansión de la producción de energía eléctrica. Igualmente beneficiar a los agentes involucrados en el proceso, facilitando información que permita definir la conveniencia de la realización de proyectos.

También, se explican las fases de proyectos para tener en cuenta a la hora de registrar un proyecto.

“Por la cual se deroga la resolución UPME 520 y 638 de 2007 y se establece el nuevo procedimiento relacionado con el registro de proyectos de generación de energía eléctrica convencionales y no convencionales y de cogeneración” [45], es de carácter nacional.

2.3.9. Norma técnica colombiana NTC-ISO 22000

La norma técnica colombiana NTC ISO 22000 tiene como fin aclarar los conceptos de

buenas prácticas agrícolas, así como introducir el término de inocuidad de los alimentos, que se relaciona a la presencia de peligros en la ingestión de alimentos, por lo cual se hace énfasis en el control en la cadena alimentaria [46].

2.4. Marco geográfico

El proyecto se desarrollará en la finca “La Chorrera” que está ubicada en la vereda La Chorrera del municipio de Toca (Boyacá), cuenta con un área de 171.491,50 m², y se encuentra a una elevación de 2.761 m sobre el nivel del mar.



Imagen 4 . Localización de la finca "La Chorrera"
Fuente [47].

El municipio de Toca, de origen prehispánico, está ubicado en la altiplanicie Cundi-Boyacense, sobre la cordillera oriental, a 27 kilómetros al nororiente de

Tunja la capital del departamento de Boyacá. El espacio en que se enmarca el municipio abarca un área de 168 km² dividida en siete veredas que son: Centro, La Leonera, Tuaneca, La Chorrera, Cunucá, Raiba y San Francisco. Los suelos de este municipio se encuentran entre los 2.600 y 3.850 metros sobre el nivel del mar y son bañados por muchas quebradas y riachuelos. En el campo hídrico es importante mencionar las tomas de riego utilizadas para distribuir el agua en forma ordenada entre los usuarios con el único propósito de cuidar los cultivos y los pastos para la ganadería o almacenarla en verdaderos espejos de aguas [48].

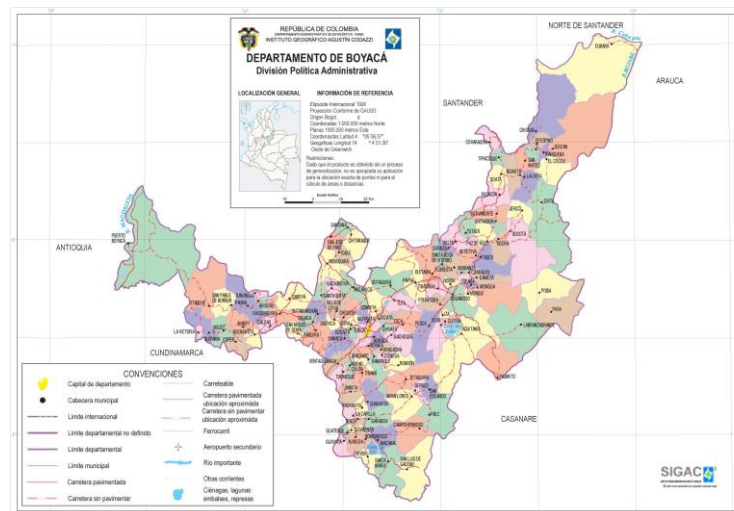


Imagen 5. Mapa de Boyacá
Fuente [49].



Imagen 6. Mapa de Toca
Fuente [50].

El municipio limita con Tuta, Siachoque, Pesca y Chivatá. Tiene una extensión total de 165 km² y se encuentra a una altitud de 2.810 m sobre el nivel del mar; cuenta con una temperatura promedio de 13° C. Esta población está situada a 5° 33' 45'' latitud norte, y a 74° 11' longitud occidental [48].

Su suelo produce: papa, trigo, cebada, maíz, cebolla cabezona, habas, arvejas, hortalizas. En menor escala se cosechan manzanas, peras, duraznos y flores exportables (rosas y claveles). Su potencial agrícola es la papa, la mejor del país. En cuanto a la ganadería, cuenta con aproximadamente 10.000 cabezas de ganado vacuno, con una producción diaria de 16.000 litros de leche. También se cría ganado caballar, mular, asnar y lanar [48].

2.5. Estado del arte

2.5.1. *Project Management Institute* (PMI) Colombia

En el año de 1969 se fundó el *Project Management Institute* (PMI) con el fin de crear pautas sobre la Gestión de proyectos, y así hacer de la gestión de proyectos una profesión a través de sistemas de certificación [51].

En el año 1987 fue publicada la primera edición de la Guía del *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), el cual fue reconocido como estándar a nivel mundial en el año 1998 por Instituto Nacional de Estándares Americanos (*The American National Standards Institute, ANSI*) y el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (*Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE*). Fue así como en este mismo año dio inicio el capítulo Colombia, con el fin de divulgar los parámetros del PMI y así influenciar a más personas de manera que esta metodología se desarrollara a gran escala en el país y facilitara el progreso de la gerencia de proyectos [51].

2.5.2. Energías alternativas en Colombia

A nivel mundial, del total de las energías consumidas el 81% proviene de fuentes fósiles y el 19% restante de fuentes renovables, por esta razón desde hace más de 35 años se viene buscando una transición hacia la realización de un mejor aprovechamiento de energías renovables, con el fin de evitar la utilización de energías fósiles para así disminuir las emisiones de efecto invernadero y aportar al mejoramiento del cambio climático [52].

En Colombia, el desarrollo de tecnologías para la implementación de energías renovables se ha visto retrasado, si se compara con el que tienen países como China, Alemania, Dinamarca,

entre otros; a pesar de que nuestro país es rico en fuentes para la producción de este tipo de energías, se ve que un 78% de su consumo energético está basado en combustibles de origen fósil (petróleo y gas natural), los cuales se estima que en un futuro cercano el país se verá en necesidad de importar, dado que la demanda supera a la oferta local [52].

Con el fin de disminuir progresivamente la dependencia de las fuentes fósiles, pues están destinadas a extinguirse en el futuro y son de mayor costo fluctuante, se empieza a considerar en el país la integración de otras tecnologías y fuentes renovables tales como la energía solar, eólica, geotérmica y a partir de biomasa, que permitan generar un mercado más competitivo y con menor riesgo de aumento en precios [52].

Los estudios realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) dictan que Colombia tiene una irradiación solar promedio de 194 W/m², vientos con velocidades medias de 9 m/s (a 80 m de altura) en el departamento de La Guajira, y potenciales energéticos de 450.000 TJ por año en residuos de biomasa, datos que convierten al territorio nacional en un sector con uno de los mejores potenciales para el desarrollo de energías renovables a nivel mundial [52].

Dentro del análisis realizado la UPME propone cinco áreas potenciales para el desarrollo de estos proyectos en el país, que son [52]:

- Proyectos eólicos en zonas de alto potencial como La Guajira
- Sistemas de autogeneración solar fotovoltaica a pequeña y mediana escala
- Sistemas de aprovechamiento de biomasa con fines energéticos
- Proyectos geotérmicos en zonas potenciales (volcanes)
- Generación de proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables como solución a la escasez energética en zonas no interconectadas.

2.5.3. Ganadería sostenible:

En Colombia, existen treinta y cuatro millones (34'000.000) de hectáreas que son utilizadas para ganadería, a pesar de que según estudios del Instituto Geográfico Agustín Codazzi “las tierras aptas para esta actividad apenas alcanzan los 15 millones de hectáreas” [29]. Los 18 millones restantes de hectáreas que son utilizadas para este fin eran antes bosques nativos y en la actualidad son terrenos pelados [29].

Según el Ministerio de Ambiente, el 60% de los árboles en el país fueron talados entre los años 1990 y 2015 con el fin de que unos pocos tomaran posesión de estas tierras, para el uso ganadero. A pesar de las diferentes estrategias utilizadas para evitar la deforestación, este problema aumentó un 44% en el año 2016 [53].

Con el fin de frenar esto, FEDEGAN junto con algunos aliados nacionales e internacionales tales como: el Banco Mundial, el Banco Mundial para la Naturaleza, *The Nature Conservancy* (TNC), el Reino Unido, el Fondo para la Acción Ambiental y la Niñez y la Fundación Sipav, desarrollaron en el año 2010 el Proyecto de Ganadería Colombiana Sostenible (GEF) [29], el cual busca la contribución al cuidado, recuperación y conservación del medio ambiente y a su vez, haciendo a la ganadería más rentable para los productores. Sin embargo, este proyecto sólo se ha centrado en el uso de diferentes tipos de árboles que se integran a la producción ganadera, es decir, sistemas silvopastoriles, y a la conservación de los bosques nativos de las fincas; por lo tanto, en el país aún es necesario el estudio a fondo de las energías sostenibles como herramienta de mejoramiento para la producción ganadera [53].

Dentro del desarrollo de este proyecto, se escogieron ochenta y tres (83) municipios en doce (12) departamentos del país que cumplieran con 3 características importantes: ser regiones ganaderas, poseer distintos ecosistemas y albergar áreas con ecosistemas bien conservados.

Los sistemas silvopastoriles, consisten en tener la mayor cantidad de árboles y así aumentar la productividad; es decir, el ganado tendrá una mayor cantidad de alimento aún en períodos de sequía, pues la producción se mantendrá mucho más estable que con los sistemas tradicionales.

El único inconveniente que se ve hasta el momento con este tipo de proyectos, es su costo; pues realizar la reconversión por hectárea tiene un valor de \$3'000.000, lo que no es de fácil acceso para los pequeños ganaderos, pero la meta es lograr que el Estado vea esto como una política de desarrollo para el país [29].

3. Metodología

3.1. Fases del trabajo de grado

En este proyecto se desarrolló la metodología PMI de gestión de proyectos, teniendo en cuenta que ésta se divide en tres fases de las cuales sólo se ahondó en la primera, que es la fase de Evaluación de proyecto, de la siguiente manera:

3.1.1. Fase uno: evaluación.

Grupo de procesos de inicio:

Inicialmente se definió el alcance del proyecto a través del grupo de procesos de gestión del alcance, descritos a continuación [54]:

Gestión del alcance del proyecto:

- a) *Planificación de la gestión del alcance:* se realizó documento con descripción del alcance del proyecto junto con sus criterios de aceptación, entregables, exclusiones, restricciones y supuestos del proyecto (anexo 1).
- b) *Recopilación de requisitos:* en un cuadro de afinidad se especificaron los requerimientos del usuario para el proyecto (anexo 2).
- c) *Definición del alcance:* se encuentra especificada en el anexo 1 mencionado anteriormente.
- d) *Creación de la estructura del desglose del trabajo (EDT):* a partir del alcance del proyecto se realizó un desglose jerárquico que nos permitió hacer seguimiento al cumplimiento de los objetivos del proyecto y la entrega de los entregables (anexo 3).

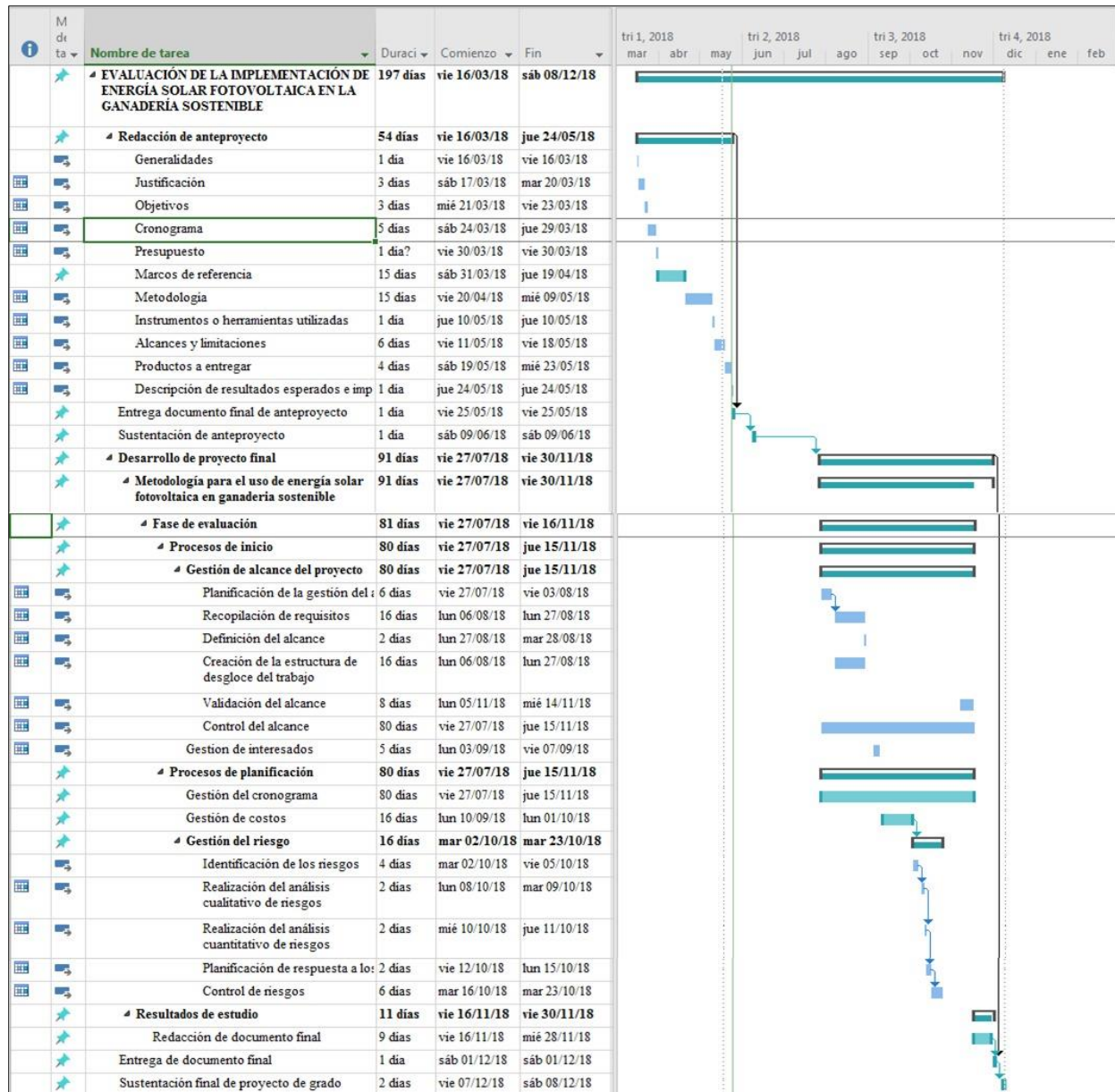
- e) *Validación del alcance:* este proceso sólo se implementa en el momento de ejecución del proyecto por lo tanto no fue tenido en cuenta en el desarrollo de esta etapa.
- f) *Control del alcance:* este proceso sólo se implementa en el momento de ejecución del proyecto por lo tanto no fue tenido en cuenta en el desarrollo de esta etapa.

Gestión de interesados: teniendo en cuenta los requerimientos para el proyecto se realizó un análisis de juicio de expertos con el fin de identificar a todas aquellas personas u organizaciones que puedan tener un interés o impacto en el proyecto a evaluar (anexo 4).

Grupo de procesos de planificación:

Se llevaron a cabo los procesos requeridos para construir el alcance total del esfuerzo, complementar los objetivos y ejecutar la línea de acción necesaria para alcanzar los mismos. Dentro de este grupo de procesos se encuentra [54]:

Gestión del cronograma: a partir del cronograma planeado en el primer semestre, se desarrolló el proyecto, haciendo algunos cambios de fechas que no se tenían previstas, sin que éstas alteraran el avance del mismo (anexo 5).



Gestión de costos: para realizar la evaluación económica del proyecto se tuvieron en cuenta tres factores relevantes:

- El número de cabezas de ganado existente junto con sus costos y gastos
- Una proyección con aumento de ganado para mayor capacidad de producción

- Los costos que se tendrán al implementar el sistema de energía solar fotovoltaica

A partir de estos tres factores se realizó un comparativo económico que muestra las ventajas y desventajas económicas que se tienen con el método tradicional y con el sistema solar fotovoltaico. Para esto se realizó el proceso descrito a continuación:

Inicialmente se tuvo en cuenta el número de cabezas de ganado actual junto con sus gastos y costos para generar un primer análisis y conocer el proceso económico actual de la finca.

Tabla 1. Egresos actuales de la finca.

Ítem	Valor mensual (11 vacas)
Salarios (un trabajador)	\$ 1.200.000
Insumos (abono, alimento, medicamentos)	\$ 1.500.000
Energía eléctrica	\$ 100.000
Combustibles	\$ 250.000
Impuestos mensuales	\$ 50.000
Total de egresos	\$ 3.100.000

Fuente: propia

Tabla 2. Ingresos actuales de la finca.

Producción actual 11 vacas	
Litros	130
Valor litro	\$ 900
Producción L/día	\$ 117.000
Producción mensual	\$ 3.510.000

Fuente: Propia

Teniendo en cuenta la solicitud del productor, de evaluar el desempeño que se puede llegar a tener con un aumento en el número de cabezas de ganado y realizar el comparativo económico entre el sistema de producción lechera tradicional y el sistema solar fotovoltaico, asumiendo que éste puede ser de dos tipos (autónomo e híbrido), se realizó la proyección

financiera con este aumento de animales (30 cabezas de ganado).

El aumento de cabezas de ganado se hizo triplicando la cantidad actual, y a través de juicio de expertos se determinó el aumento en los gastos que esto conllevaría. De este análisis se obtuvieron los siguientes resultados:

- *Proyección de egresos:*

En cuanto a la proyección de egresos con el sistema tradicional (manual) se tomaron datos tales como: salarios para dos trabajadores, insumos, energía eléctrica, combustibles e impuestos mensuales, dando un total de egresos mensuales de \$7'600.000 pesos.

Tabla 3. Proyección de egresos con 30 vacas

Ítem	Valor mensual sistema tradicional (30 vacas)	Valor mensual sistema fotovoltaico (30 vacas)
Salarios	\$ 2.400.000	\$ 1.200.000
Insumos (abono, alimento, medicamentos)	\$ 4.500.000	\$ 4.500.000
Energía eléctrica	\$ 150.000	\$ 000
Combustibles	\$ 500.000	\$ 000
Impuestos mensuales	\$ 50.000	\$ 50.000
Total de egresos	\$ 7.600.000	\$ 5.750.000

Fuente: propia

En el caso de la producción con el sistema fotovoltaico (mecánico), solo se tiene en cuenta el salario para un trabajador, que será el encargado del manejo de las máquinas de ordeño, el mismo número de insumos e impuestos mensuales, con un total de \$5'750.000 pesos. No se tiene en cuenta el gasto de energía eléctrica ni de combustibles ya que no son necesarios a la hora de la implementación de este sistema.

- Proyección de ingresos:

Tabla 4. Proyección de ingresos con 30 vacas

	Producción actual sistema tradicional (30 vacas)	Producción actual sistema fotovoltaico (30 vacas)
Litros	360	540
Valor litro	\$ 900	\$ 900
Producción l/día	\$ 324.000	\$ 486.000
Producción mensual	\$ 9.720.000	\$ 14.580.000

Fuente: propia.

Teniendo en cuenta que el litro de leche se lo pagan al productor a \$900 pesos, se hizo la proyección con el aumento en el número de cabezas de ganado y su correspondiente producción, para esto se tuvo en cuenta que con el sistema manual actualmente cada vaca produce 12 litros de leche al día, dando así un total de \$9'720.000 pesos de ingresos mensuales.

Para la proyección en producción del sistema mecánico se tuvo como referente el conocimiento de dos veterinarios expertos en el tema de producción lechera (tanto manual como mecánica), dado que en la búsqueda de referentes bibliográficos no se obtuvieron datos específicos pues estos valores varían según el tipo de vaca y el manejo que se les da a las mismas. Según la información suministrada por los expertos, las vacas de tipo *Holstein* (existentes en la finca) pueden llegar a tener una producción en un rango de 20 a 50 litros diarios por cabeza, según el manejo que se les dé y la pureza de su raza. Teniendo en cuenta lo anterior se realizaron los cálculos con datos pesimistas de producción (20 litros por vaca al día), esto nos da un total de \$14'580.000 pesos mensuales de ingresos por aumento de producción.

Después de realizar el análisis de ingresos y egresos de la finca con la proyección de aumento en la producción lechera, el siguiente paso fue el análisis técnico y bioclimático de la finca para así determinar la maquinaria requerida para el nuevo sistema de producción.

Para este análisis se contó con la ayuda de un veterinario, quien especificó los elementos requeridos para el ordeño mecánico (anexo 6) y un ingeniero electrónico con quien se desarrolló el esquema básico del sistema fotovoltaico para lograr el correcto funcionamiento de estos equipos (anexo 7).

A partir de los datos suministrados en los anteriores anexos se pudo realizar una evaluación de costos de maquinaria requerida (anexo 8), que nos permitió calcular la inversión requerida por parte del productor para el inicio de este proyecto y así generar un análisis financiero que permitiera comparar las alternativas y poder determinar la mejor y más rentable opción.

- Análisis económico:

Al realizar evaluaciones para proyectos de inversión es necesario utilizar algún tipo de método que permita tomar la mejor decisión financiera [55]. Para realizar esta evaluación se escogieron dos métodos: el de valor presente neto o valor actual neto (VAN), que permite ver la rentabilidad del proyecto y así comparar las distintas opciones que se tienen en cuenta. Y el método de Tasa interna de retorno (TIR) que permite observar el porcentaje de ganancia o pérdida que se tendrá de la inversión realizada, esto utilizando los flujos de caja que generaría el proyecto.

Con base en lo anterior se realizaron tres tablas donde se analizaron los flujos de caja del sistema de producción tradicional, y del sistema de producción con energía fotovoltaica, el cual se analizó de dos maneras distintas teniendo en cuenta que se puede implementar de manera autónoma (sólo con energía fotovoltaica y baterías) y de manera híbrida (energía fotovoltaica junto con energía corriente). Estas proyecciones se realizan a seis años dado que es el tiempo de producción lechera de una vaca, por lo tanto, este tiempo es el estimado para realizar una

reinversión en ganado para nueva producción. A partir de esto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5. Flujo de caja sistema tradicional por seis años

Sistema tradicional	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos	\$ 106.920.000	\$ 116.640.000	\$ 116.640.000	\$ 116.640.000	\$ 116.640.000	\$ 116.640.000
Egresos	\$ 173.600.000	\$ 91.200.000	\$ 91.200.000	\$ 91.200.000	\$ 91.200.000	\$ 91.200.000
Flujo caja	-\$ 66.680.000	\$ 25.440.000	\$ 25.440.000	\$ 25.440.000	\$ 25.440.000	\$ 25.440.000
TIR	26%					
VAN	-\$ 0,00					

Fuente: propia

En el sistema tradicional (manual), se tuvo en cuenta como inversión inicial el ganado (30 vacas) con un valor de \$90'000.000 de pesos el primer mes y a partir del segundo se tienen unos egresos e ingresos continuos mencionados anteriormente (tabla 5), de este análisis podemos apreciar que el productor obtiene un retorno del 26% de su inversión en estos seis años y un valor actual de 0 que se traduce en que la inversión se está recuperando.

Tabla 6. Flujo de caja del sistema de producción con energía autónoma por seis años

Sistema autónomo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos	\$ 160.380.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000
Egresos	\$ 832.637.810	\$ 69.000.078	\$ 69.000.222	\$ 69.000.366	\$ 69.000.510	\$ 69.000.654
Flujo caja	-\$ 672.257.810	\$ 105.959.922	\$ 105.959.778	\$ 105.959.634	\$ 105.959.490	\$ 105.959.346
TIR	-7%					
VAN	\$ 0,00					

Fuente: propia.

En el caso del sistema de producción con energía fotovoltaica autónoma se tuvo en cuenta

como inversión inicial el valor del ganado, \$90'000.000 de pesos, el costo de la maquinaria para ordeño, \$22'931.000 de pesos y el costo del sistema de paneles solares junto con sus baterías, \$656'456.810 de pesos, dando así un total de inversión de \$679'387.810 de pesos. Al realizar la proyección de los flujos de caja para este proyecto y calcular el VAN y la TIR, podemos concluir que ésta alternativa no es rentable para el productor pues no se recupera la inversión realizada en este rango de tiempo.

Tabla 7. Flujo de caja de sistema con energía híbrida por seis años

Sistema híbrido	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos	\$ 160.380.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000	\$ 174.960.000
Egresos	\$ 221.953.812	\$ 69.000.078	\$ 69.000.222	\$ 69.000.366	\$ 69.000.510	\$ 69.000.654
Flujo caja	-\$ 61.573.812	\$ 105.959.922	\$ 105.959.778	\$ 105.959.634	\$ 105.959.490	\$ 105.959.346
TIR	171%					
VAN	\$ 0,00					

Fuente: propia

Como último caso el sistema híbrido de energía fotovoltaica junto con energía corriente, tomamos como inversión inicial el valor del ganado, \$90'000.000 de pesos, el valor de la maquinaria para ordeño, \$22'931.000 de pesos, y el costo del sistema de paneles solares junto con el inversor de corriente, \$45'772.812 de pesos, dando así un total de \$158'703.812 de pesos, de inversión. Al realizar la proyección de los flujos de caja para esta alternativa y calcular el VAN y la TIR, podemos concluir que esta es rentable para el productor pues recupera la inversión realizada en este rango de tiempo y obtiene un retorno de más del 100% de la inversión inicial.

Teniendo en cuenta el análisis de las tres alternativas se realizó una gráfica comparativa que permite apreciar la diferencia en los resultados obtenidos, así:

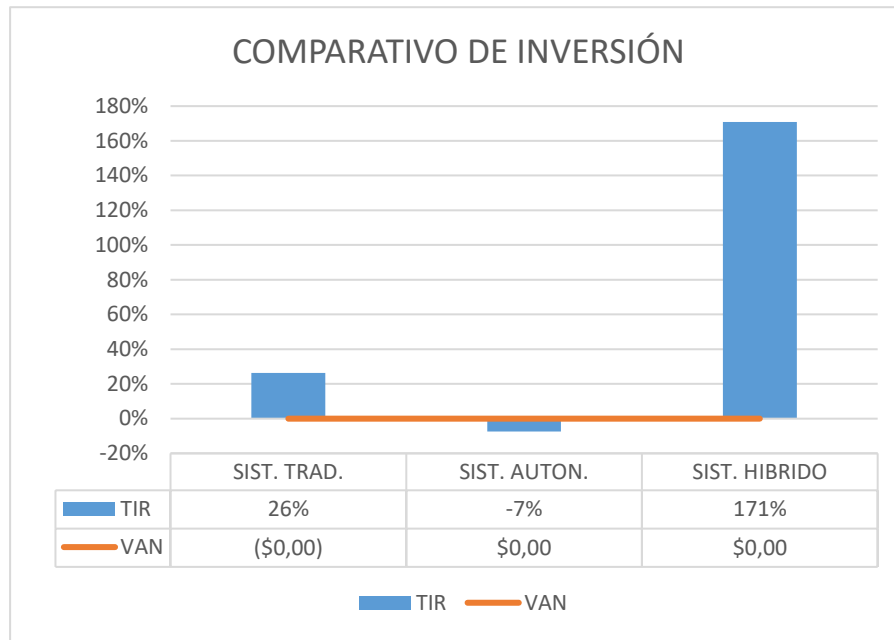


Gráfico 1.Comparativo de inversión.
Fuente: propia

De este análisis podemos concluir que la alternativa más rentable es la de energía solar fotovoltaica híbrida, que permite al productor recibir una rentabilidad de más del 100% de su inversión inicial, además considerando que este retorno puede ser mayor dado que las proyecciones se realizaron con los valores pesimistas de producción.

Gestión del riesgo:

- a) *Identificación de los riesgos:* se desarrolló un análisis de riesgos teniendo en cuenta los factores hablados con el productor y los expertos en el tema, de manera que se trataran todos los aspectos relevantes para el proyecto (anexo 9).
- b) *Realización del análisis cualitativo de riesgos:* de manera cualitativa se generó una jerarquización de riesgos por medio de una evaluación que combina probabilidad de ocurrencia e impacto que estos puedan tener en el proyecto, y así se generó una matriz de riesgo que permitirá que a futuro se tengan en cuenta estos riesgos al momento de

ejecutar el proyecto (anexo 9).

- c) *Planificación de respuesta a los riesgos*: se sugirieron alternativas que permitirán al productor disminuir o eliminar las amenazas o riesgos del proyecto (anexo 9).

3.2.Cronograma y presupuesto seguido

3.2.1. Cronograma

Tabla 8. Cronograma seguido

Nombre de la tarea	Duración	Comienzo	Fin
Evaluación de la implementación de energía solar fotovoltaica en la ganadería sostenible	197 días	vie 16/03/18	sáb 8/12/18
Redacción de anteproyecto	54 días	vie 16/03/18	jue 24/05/18
Generalidades	1 día	vie 16/03/18	vie 16/03/18
Justificación	3 días	sáb 17/03/18	mar 20/03/18
Objetivos	3 días	mié 21/03/18	vie 23/03/18
Cronograma	5 días	sáb 24/03/18	jue 29/03/18
Presupuesto	1 día?	vie 30/03/18	vie 30/03/18
Marcos de referencia	15 días	sáb 31/03/18	jue 19/04/18
Metodología	15 días	vie 20/04/18	mié 9/05/18
Instrumentos o herramientas utilizadas	1 día	jue 10/05/18	jue 10/05/18
Alcances y limitaciones	6 días	vie 11/05/18	vie 18/05/18
Productos a entregar	4 días	sáb 19/05/18	mié 23/05/18
Descripción de resultados esperados e impactos	1 día	jue 24/05/18	jue 24/05/18
Entrega documento final de anteproyecto	1 día	vie 25/05/18	vie 25/05/18
Sustentación de anteproyecto	1 día	sáb 9/06/18	sáb 9/06/18

Desarrollo de proyecto final	91 días	vie 27/07/18	vie 30/11/18
Metodología para el uso de energía solar fotovoltaica en ganadería sostenible	91 días	vie 27/07/18	vie 30/11/18
Fase de evaluación	81 días	vie 27/07/18	vie 16/11/18
Procesos de inicio	80 días	vie 27/07/18	jue 15/11/18
Gestión de alcance del proyecto	80 días	vie 27/07/18	jue 15/11/18
Planificación de la gestión del alcance	6 días	vie 27/07/18	vie 3/08/18
Recopilación de requisitos	16 días	lun 6/08/18	lun 27/08/18
Definición del alcance	2 días	lun 27/08/18	mar 28/08/18
Creación de la estructura de desglose del trabajo	16 días	lun 6/08/18	lun 27/08/18
Gestión de interesados	5 días	lun 3/09/18	vie 7/09/18
Procesos de planificación	80 días	vie 27/07/18	jue 15/11/18
Gestión del cronograma	80 días	vie 27/07/18	jue 15/11/18
Gestión de costos	16 días	lun 10/09/18	lun 1/10/18
Gestión del riesgo	16 días	mar 2/10/18	mar 23/10/18
Identificación de los riesgos	4 días	mar 2/10/18	vie 5/10/18
Realización del análisis cualitativo de riesgos	2 días	lun 8/10/18	mar 9/10/18
Planificación de respuesta a los riesgos	2 días	vie 12/10/18	lun 15/10/18
Resultados de estudio	11 días	vie 16/11/18	vie 30/11/18
Redacción de documento final	9 días	vie 16/11/18	mié 28/11/18
Entrega de documento final	1 día	vie 16/11/18	vie 16/11/18
Sustentación final de proyecto de grado	1 día	sáb 1/12/18	sáb 1/12/18

3.2.2. Presupuesto

Tabla 9. Presupuesto global de la propuesta por fuentes de financiación (en miles de \$).

Rubros	Valor unitario	Valor total
Personal	\$ 30.000	\$ 720.000
Salidas de campo	\$ 5.000	\$ 60.000
Equipos	\$ 1'200.000	\$ 2'400.000
Total	\$ 1'235.000	\$ 3'180.000

Tabla 10. Descripción de los gastos de personal (en miles de \$).

Investigador / experto/ auxiliar	Formación académica	Función dentro del proyecto	Dedicación Horas/semana	Valor
Laura Camargo Ayala	Arquitecta	Investigadora	12	\$ 360.000
Paula Garzón Rico	Arquitecta	Investigadora	12	\$ 360.000
TOTAL				\$ 720.000

Tabla 11. Descripción y cuantificación de los equipos de uso propio (en miles de \$)

Equipo	Valor total
Computador ASUS intel core i3-5005u	\$ 1.200.000
Computador Lenovo G40 intel core i5	\$ 1'200.000
Total	\$ 2'400.000

Tabla 12. Valoración de las salidas de campo (en miles de \$)

Ítem	Costo unitario	#	Total
Tunja – Toca	\$ 5.000	6	\$ 30.000
Toca – Tunja	\$ 5.000	6	\$ 30.000
Total			\$ 60.000

Nota: Formato utilizado por Colciencias.

3.3. Instrumentos o herramientas utilizadas

A continuación, se mostrarán algunas de las herramientas que se utilizaron durante el

fotovoltaico que permitía conocer el número de paneles requeridos por el proyecto y la ubicación de estos dentro del lugar [56].

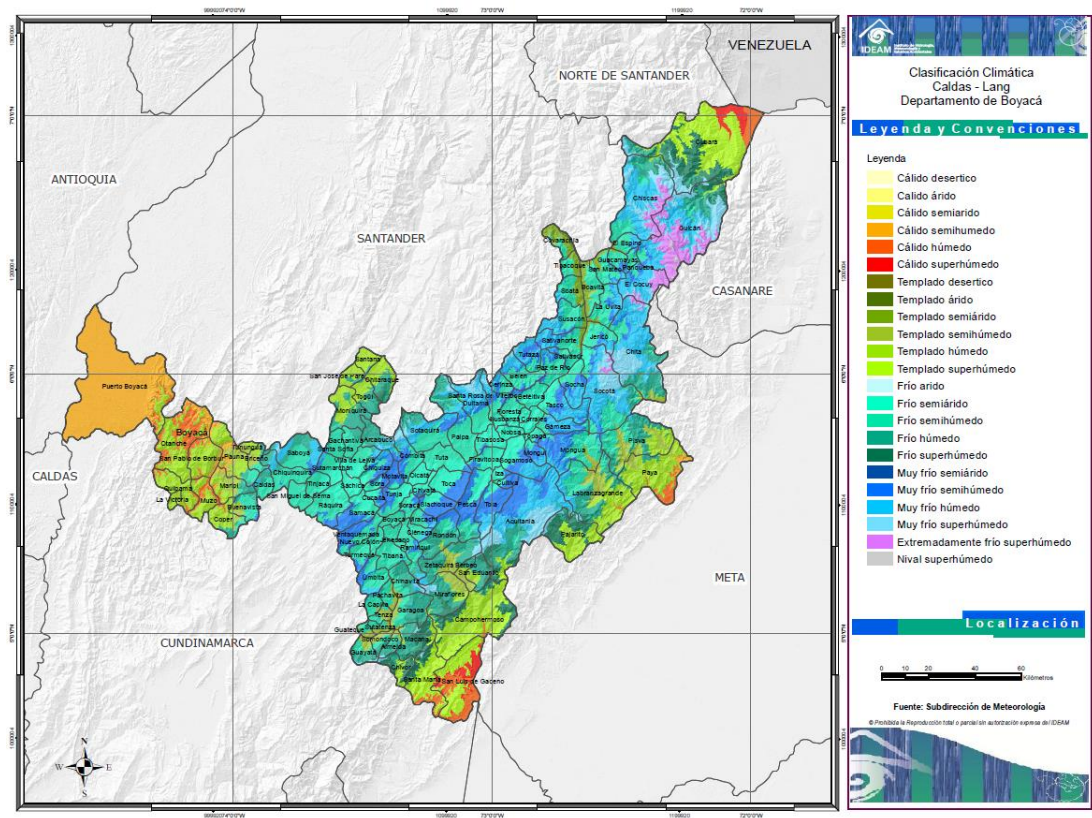


Imagen 8. Mapa de cambio climático Boyacá
Fuente [56].

3.3.3. NASA Surface meteorology and solar energy – Location

De igual manera se tuvo como apoyo la página de meteorología, superficie y energía solar de la NASA para la búsqueda de históricos climatológicos del lugar.

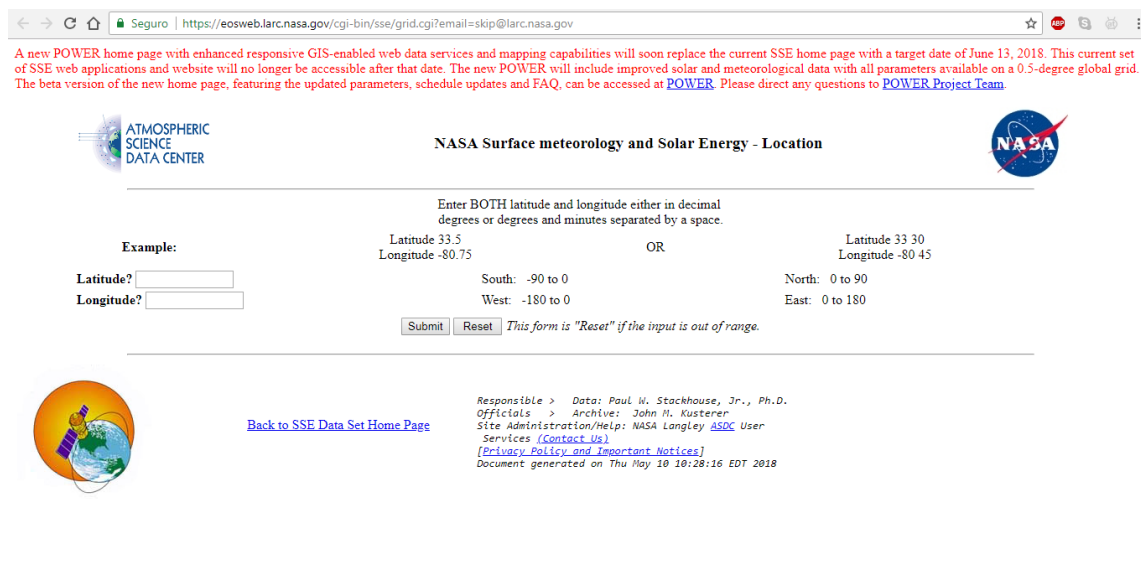


Imagen 9 Página web del sistema meteorológico de la NASA
Fuente [57].

3.3.4. Guía del PMBOK 6ª edición

Ya que este proyecto se enfoca hacia la gerencia de proyectos, se utilizará la Guía PMBOK para desarrollar su metodología.

3.4. Alcances y limitaciones

3.4.1. Alcances

Basados en la metodología del PMI sobre Gestión y Gerencia de Proyectos, se llevó a cabo la evaluación de la finca La Chorrera, para la posible implementación de un proyecto de ganadería sostenible a partir del uso de energías renovables. La finalidad de éste, era generar un documento que contuviera la metodología a seguir para lograr implementar la ganadería sostenible en el lugar, dando prioridad a la incursión en el mercado lechero de estos pequeños

productores y la disminución de costos de producción que tienen en la actualidad.

Teniendo en cuenta que éste es un proyecto de evaluación, esta investigación llegó hasta la etapa de gestión del riesgo dentro de la metodología del PMBOK, y dio como resultado un documento que se entregará al dueño de la finca con los resultados encontrados durante este proceso, dándole así la posibilidad de decidir si ejecutará o no el proyecto en el futuro.

3.4.2. Limitaciones:

Las presentes limitaciones restringieron la investigación:

Falta de instrumentos disponibles para mediciones técnicas.

Por las características de la investigación, ciertos aspectos a tener en cuenta como la medición de velocidad de vientos, de radiación solar, entre otros, requerían de instrumentos de medición específicos con los cuales no se contaba; por esta razón se utilizaron las páginas tanto de la NASA como del IDEAM. El uso de estas plataformas, hizo que los datos utilizados fueran aproximados y no datos exactos medidos.

Falta de referentes en el sector.

Dado que en el país la ganadería sostenible se está implementando con otro tipo de metodología como la silvopastoril, no se contó con referentes nacionales a los que se pudiera acceder con facilidad para lograr un mejor entendimiento de los procesos.

Disponibilidad de tiempo del tutor disciplinar.

Ya que para el desarrollo del proyecto se requirió cierto tipo de conocimiento sobre

energías renovables, se tuvo como asesor al ingeniero electrónico magister en energías renovables William Álvarez, profesor de la Universidad Santo Tomás de Tunja. La limitante que se encontró al trabajar con él fue el poco tiempo del que podía disponer para asesorías.

4. Resultados





4.1. Desarrollar el plan de necesidades para este tipo de proyecto.



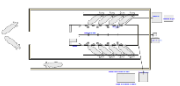
Para el desarrollo del plan de necesidades se tuvieron en cuenta dos temas relevantes:

4.1.1. Producción lechera mecánica

Para este punto se contó con ayuda de dos veterinarios conocedores del tema quienes contribuyeron en la realización del listado de la maquinaria necesaria, lo cual dio como resultado la siguiente tabla:

Tabla 13. Necesidades del ordeño mecánico

Equipo		Cantidad	Horas/Día
	Máquina de ordeño. Motor monofásico de 2 hp	2	4
	Tanque de enfriamiento trifásico de 3,5 hp. Capacidad de 1000 L.	1	24
	Electrobomba. Motor trifásico de 5 hp	2	3
	Cercas eléctricas	2	24
	Motor picapasto monofásico de 2,5 hp	1	12

	Bombillos de bajo consumo	24	1
	Calentador de agua, capacidad de 16 L	1	2
	Hidro lavadora, capacidad 6 L	1	2
	Establo	1	24
	Cuarto de máquinas	1	24

Fuente: propia

4.1.2. Sistema de energía solar fotovoltaica

Para el desarrollo del boceto del sistema de energía solar fotovoltaica fue necesario el uso de las fichas técnicas de las máquinas referenciadas en el listado anterior, ya que se requería conocer las cargas eléctricas de cada una para el cálculo del número de paneles solares necesarios, su ubicación y el espacio requerido para estos. En este punto se tuvo la ayuda de un ingeniero electrónico, quien contribuyó con el diseño del esquema básico del sistema, el cual se evidencia a continuación:

Tabla 14. Cargas de la maquinaria requerida

Equipo		Cantidad	Tensión nominal (w)	Horas/Día	Corriente nominal (A)	W/H
	Máquina de ordeño. Motor monofásico de 2 hp	2	220	4	11,00	55
	Tanque de enfriamiento trifásico de 3,5 hp. Capacidad de 1000 L	1	230	24	12,00	9,58
	Electrobomba. Motor trifásico de 5 hp	2	230	3	17,50	76,66
	Cercas eléctricas	2	12	24	1,30	0,50
	Motor picapasto monofásico de 2,5 hp	1	220	12	13,00	18,33
	Bombillos de bajo consumo	24	12	1		12,00
	Calentador de agua, capacidad de 16 L	1	120	2		60,00
	Hidro lavadora, capacidad 6 L	1	1.300	2		650,00
	Establo	1		24		
	Cuarto de máquinas	1		24		

Fuente: propia

Utilizando los datos anteriores se llegó a los siguientes resultados:

Tabla 15. Resultado de análisis electrónico

Resultado	
Paneles (cantidad)	290
Potencia solar	55.100 W
Baterías (cantidad)	809
Capacidad baterías	72.741 Ah
Regulador	12 V
Corriente de entrada	2.621 A
Inversor potencia	12.000 VA
Inversor entrada	12 V
Salida	230 V

Según los resultados obtenidos se pudo deducir que es necesario tener dos alternativas de energía sostenible, la primera sería la energía solar fotovoltaica autónoma, la cual requeriría 290 paneles solares y 809 baterías para su correcto funcionamiento, generando así un costo bastante elevado por la adquisición de esa cantidad de baterías.

Cabe resaltar que el cálculo se realizó con los equipos que se tenían disponibles en el laboratorio de pruebas de la Universidad Santo Tomás Tunja, los cuales están en el rango de los menores precios que se encuentran en el mercado y con especificaciones técnicas básicas, denotando así que al hacer el mismo análisis con otro tipo de paneles se puede llegar a generar un resultado con menor cantidad de equipos pero a un mayor costo.

Dado el alto costo que el sistema autónomo puede llegar a tener, se tiene entonces la alternativa de la energía solar fotovoltaica híbrida, la cual demanda el uso de la misma cantidad de paneles solares conectados a un inversor de corriente, que a su vez se conecta a la red local, evitando así el uso de baterías externas para el funcionamiento del sistema (para mayor detalle

remitirse al marco teórico “Energía híbrida”).

4.2. Realizar el estudio bioclimático del lugar a trabajar

El estudio bioclimático se realizó teniendo en cuenta la localización de la finca “La Chorrera”, su temperatura y la cantidad de radiación solar por día que ésta recibe. Dado que no se contaba con las herramientas y el tiempo necesario para un estudio bioclimático profundo, fue necesario el uso de las bases de datos del IDEAM, el uso de los mapas solares que éste contiene y los conocimientos del ingeniero electrónico para realizar el diseño esquemático. A partir de esto se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 16. Condiciones de diseño sistema fotovoltaico

Condiciones de diseño	
Inclinación paneles	15°
Días autonomía	2
Tensión del sistema	12 V
Tensión del panel	21,4 A
Intensidad pico del panel	7,23 A
Potencia del panel	190 W
Tensión de la batería	12 V
Capacidad batería	90 Ah

Fuente: propia

Teniendo en cuenta estos resultados, los paneles solares deberían tener una inclinación de 15° para explotar su potencial al máximo, por esto se sugiere que estos sean instalados en el techo del establo utilizado para el ordeño y así lograr un mejor aprovechamiento del espacio, de manera que no se llegue a afectar una cantidad considerable de terreno en la finca que puede ser

utilizado para el libre pastoreo del ganado.

4.3. Realizar un análisis de costos del proyecto.

Para el análisis del costo del proyecto se tuvieron en cuenta tres factores, inicialmente el número de cabezas de ganado existente junto con sus costos y gastos, en segundo lugar, una proyección con aumento de ganado para mayor capacidad de producción y finalmente los costos que se tendrán al implementar el sistema de energía solar fotovoltaica.

A partir de estos tres factores se realizó un comparativo económico que muestra las ventajas y desventajas económicas que se tienen con el método tradicional y con el sistema solar fotovoltaico.

(Para la explicación detallada remitirse a la sección de “gestión del costo” desarrollado en el capítulo de metodología)

4.4. Desarrollar el proyecto mediante la metodología PMI.

Este resultado puede ser observado en el capítulo 3 de metodología utilizada en el proyecto, en donde se evidencia el proceso con base en el PMI.

5. Análisis de resultados e impactos

5.1. ¿Cómo se responde a la pregunta de investigación con los resultados?

¿Qué tan factible es implementar un proyecto de energías sostenibles con energía solar fotovoltaica en la finca La Chorrera en Toca, Boyacá?

Después de los análisis realizados durante el desarrollo del proyecto, se llega a la conclusión de que el uso de sistemas fotovoltaicos en la finca La Chorrera, que permite la implementación de maquinaria de ordeño especializada, genera un aumento de producción mucho mayor al que podría tenerse manualmente, además de permitir la disminución de costos en cuanto a energías y combustibles. Esto se puede evidenciar en el comparativo económico realizado, en donde se muestra que el uso de energía solar fotovoltaica de manera híbrida permite que el productor tenga un 171% de retorno de su inversión durante los 6 años de implementación de éste (teniendo en cuenta el tiempo de producción de una vaca) antes de necesitar una nueva inyección de capital para el cambio de ganado. Por lo tanto, se considera que es muy factible el uso de estas energías, dado que en el caso de continuar con el proceso tradicional el productor sólo está teniendo un 26% de retorno de su inversión.

5.2. Aporte de los resultados a la Gerencia de Obras

Al obtener los resultados anteriores mediante el uso de la metodología PMI de gestión de proyectos, se puede apreciar que un gerente de obra está capacitado para el desarrollo de cualquier tipo de proyecto en cualquier campo que se desee, ya que esta metodología proporciona alternativas más técnicas que reúnen buenas prácticas, brindando innovación, y un

desarrollo profesional continuo.

5.3. Estrategias de comunicación y divulgación

Como estrategias de comunicación y divulgación, el presente documento será compartido con el productor lechero para su posible implementación en la finca La chorrera, en Toca, Boyacá. De igual manera, será compartido en las bases de datos de la biblioteca de la universidad tanto el documento como un artículo, y se hará una sustentación del proyecto final el día 01 de diciembre de 2018 ante un jurado calificador.

6. Conclusiones

- a. La energía solar fotovoltaica de manera autónoma, a pesar de ser una energía renovable no es totalmente limpia pues dado que requiere del uso de baterías para su funcionamiento, éstas al cumplir su ciclo de vida no son totalmente reciclables y sus desechos si no son bien tratados generan un gran impacto al medio ambiente. Por otra parte, esta energía de manera híbrida se considera mejor, ya que los componentes de los paneles solares son en su mayoría reciclables y su ciclo de vida es más largo.
- b. La ganadería sostenible se está convirtiendo en uno de los métodos más rentables para la producción lechera a nivel mundial, por esto es necesaria su implementación en el país, pues así se logrará el aumento en el bienestar de la población que se dedica a esta actividad generando eficiencia, mejoramiento en la calidad de la salud en el trabajo y aumento en los precios de venta del producto.
- c. La metodología del PMI permite el desarrollo de proyectos de cualquier tipo, de manera organizada y versátil, ya que siendo el PMBOK un manual de buenas prácticas da a elegir qué pasos desarrollar en el proyecto y cuáles no son relevantes para éste.

7. Nuevas áreas de estudio

Dentro de esta investigación se pudo apreciar que en el país es muy poca la información existente acerca de:

- Ganadería sostenible implementando energías renovables.
- Energías híbridas implementadas en el país.

8. Bibliografía

- [1] J. Wigodski, «Metodología de la investigación,» 10 Julio 2010. [En línea]. Available:
<http://metodologiaeninvestigacion.blogspot.com.co/2010/07/variables.html>.
[Último acceso: 17 Mayo 2018].
- [2] F. COLOMBIA, «Balance y perspectivas del sector ganadero colombiano 2016-2017,» Bogotá Colombia, 2017.
- [3] Real AcadémiA de la Lengua, «Diccionario de la lengua española,» Real académia de la lengua española, 2017. [En línea]. Available: dle.rae.es. [Último acceso: 03 Abril 2018].
- [4] X. E. Castells, Energías renovables, Madrid: Ediciones Diaz de Santos, 2012.
- [5] Quiminet, «Quiminet,» 2000 - 2018. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-sistema-fotovoltaico-2638847.htm>. [Último acceso: 10 Abril 2018].

- [6] Federación Colombiana de Ganaderos, «FEDEGAN,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.fedegan.org.co/programas/ganaderia-colombiana-sostenible>. [Último acceso: 10 Abril 2018].
- [7] A. Creus, Energías Renovables, Cano Pina, 2009.
- [8] Energía - solar, «Energía solar,» 13 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/definiciones/panel-solar.html>. [Último acceso: 10 Abril 2018].
- [9] G. Hernández, Aprovechamiento de energías renovables, vol. Segunda Edición, Málaga: Interconsulting Bureau S.L., 2011.
- [10] Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales., «IDEAM: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales.,» Ministerios de Ambiente, 2014. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion-solar>. [Último acceso: 10 Abril 2018].
- [11] Glosario. net, «Glosario.net,» 08 Enero 2007. [En línea]. Available: <http://ciencia.glosario.net/ecotropia/celdas-fotovoltaicas-9298.html>. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [12] Innovación y Cualificación, S. L., Montaje mecánico de instalaciones

solares fotovoltaicas, Málaga: IC Editorial, 2017.

- [13] Project Management Institute, «Project Management Institute América Latina,» Project Management Institute. Inc, 2018. [En línea]. Available: <https://americalatina.pmi.org/latam/aboutus/whatispmi.aspx>. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [14] F. P. U. Pmipe, «Formula Proyectos Urbanos Pmipe,» 18 Enero 2012. [En línea]. Available: <https://formulaproyectosurbanospmipe.wordpress.com/2012/01/18/que-es-el-pmi-y-que-es-el-pmbok/>. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [15] S. E. D. e. I. A. B. E. Luccerini Sabrina A., «Apuntes Agroeconómicos,» Universidad de Buenos Aires., [En línea]. Available: https://www.agro.uba.ar/apuntes/no_8/sistemas.htm. [Último acceso: 21 Mayo 2018].
- [16] Curiosoando, «Curiosoando,» 2018. [En línea]. Available: <https://curiosoando.com/que-es-un-inversor-de-voltaje>. [Último acceso: 31 Octubre 2018].
- [17] M. d. A. y. D. Sostenible, «Minambiente,» [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/466-plantilla-cambio-climatico-22>. [Último acceso: 15 Noviembre 2018].

- [18] Project Management Institute, Inc, «PMI Project management institute,» Enero 2018. [En línea]. Available: <https://americalatina.pmi.org/latam/AboutUS/QueEsLaDireccionDeProyectos.aspx>. [Último acceso: 10 Abril 2018].
- [19] J. G. Velasco, «Energías Renovables,» Editorial Reverté, 2009, p. 5.
- [20] L. Jarauta Rovira, Las energías renovables, Editorial UOC, 2015.
- [21] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, «Energías renovables 2016. Reporte de la situación mundial,» REN21 Secretariat, Paris, Francia, 2016.
- [22] Á. A. Bayod Rújula, Energías renovables: sistemas fotovoltaicos, Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2009.
- [23] I. Zalbanza Bribián y A. Aranda Usón, Energía solar térmica, Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2009.
- [24] Dirección General de Industria y Energía del Gobierno de Canarias, Energías renovables y eficiencia energética, Instituto Tecnológico de Canarias, S.A., 2008.

- [25] J. A. Domínguez Gómez, Energías alternativas, Equipo Sirius,, 2008.
- [26] J. Diaz Rodriguez, L. Pabón Fernández y A. Pardo Garcia, «Sistema híbrido utilizando energía solar y red eléctrica,» *Revista Lámpsakos*, nº 7, pp. 69-77, 2012.
- [27] Red Social de Energías Renovables y Sostenibles, «naRural energy,» naRural energy, 2018. [En línea]. Available: <http://energia-rural.com/desarrollo-rural/ganaderia-extensiva/>. [Último acceso: 01 05 2018].
- [28] Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, «Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura,» FAO, 2018. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/americas/prioridades/ganaderia-sostenible/es/>. [Último acceso: 30 04 2018].
- [29] M. P. Rubiano, «3.000 ganaderos colombianos que frenan el cambio climático,» *El Espectador*, 29 Abril 2018.
- [30] . G. Berradinelli, P. Landa y G. José, Ayudando a desarrollar una ganadería sustentable en América Latina y el Caribe: lecciones a partir de casos exitosos, D - FAO, 2008.
- [31] FAO, «Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura,» Organización de las naciones unidas para la alimentación y la

agricultura, 2018. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>. [Último acceso: 02 Septiembre 2018].

[32] QMAX, «QMAX,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.qmax.com.ar/funciona-la-energia-solar/>. [Último acceso: 11 2018].

[33] Codensa, «Enel Codensa,» [En línea]. Available: <https://www.codensa.com.co/empresas/productos-y-servicios/sistemas-fotovoltaicos>. [Último acceso: 1 Noviembre 2018].

[34] Desigenia, «Desigenia,» [En línea]. Available: <http://desigenia.com/sistemas-de-energia-hibrida/>. [Último acceso: 20 Septiembre 2018].

[35] Escuela universitaria ingeniería técnica agrícola, «INEA,» Escuela universitaria ingeniería técnica agrícola, 2003. [En línea]. Available: http://lan.inea.org:8010/web/zootecnia/Instalaciones/Visitas_virtuales/maq_ord%C3%B1o.htm. [Último acceso: 22 Octubre 2018].

[36] Grupo interactivas C.A., «BJT Industria,» 2018. [En línea]. Available: <https://industriasbjt.com/como-funciona-ordeno-mecanico/>. [Último acceso: 01 Octubre 2018].

[37] DeLaval, «Equipos de ordeño y su mantenimiento,» 2017.

- [38] Congreso de la República de Colombia, «Ministerio de vivienda,» 16 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://www.minvivienda.gov.co/NormativaInstitucional/1450%20-%202011.pdf>. [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [39] Congreso de la República de Colombia, «Colciencias,» 03 Octubre 2001. [En línea]. Available: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/ley-697-2001.pdf>. [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [40] Congreso de la República, «Secretaria del senado,» 13 Mayo 2014. [En línea]. Available: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html. [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [41] Ministerio de minas y energía, «Comisión de regulación de energía y gas,» 04 Julio 2007. [En línea]. Available: http://www.creg.gov.co/html/Ncompila/htdocs/Documentos/Energia/docs/decreto_2501_2007.htm. [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [42] Ministerio de minas y energía, «Avance jurídico,» 22 Mayo 2007. [En línea]. Available: http://www.avancejuridico.com/actualidad/documentosoficiales/2007/46637/r_me_180740_2007.html. [Último acceso: 16 Abril 2018].

- [43] Unidad de planeación minero energética UPME, «UPME Unidad de planeación minero energética,» 03 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www1.upme.gov.co/PromocionSector/Paginas/Normatividad.aspx#k=0281>. [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [44] Comisión de regulación de energía y gas, «Sistema único de información normativa,» 25 Julio 2008. [En línea]. Available: [http://www.suin-juriscal.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/4016266?fn=document-frame.htm\\$f=templates\\$3.0](http://www.suin-juriscal.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/4016266?fn=document-frame.htm$f=templates$3.0). [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [45] Unidad de planeación minero energética, «UPME Unidad de planeación minero energética,» 09 Octubre 2007. [En línea]. Available: http://www.upme.gov.co/Normatividad/Proyectos/PROYECTO_RESOLUCION_%20julio_2011_1.pdf. [Último acceso: 16 Abril 2018].
- [46] ICONTEC, «Biotropico,» 08 Noviembre 2005. [En línea]. Available: <http://www.biotropico.com/web/download/Reglamentos/NTC-ISO%2022000.pdf>. [Último acceso: 18 Octubre 2018].
- [47] Google, «Google Earth,» Google, 17 Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.google.es/intl/es/earth/index.html>. [Último acceso: 06 Abril 2018].
- [48] «Alcaldía de Toca - Boyacá,» 5 Febrero 2018. [En línea]. Available: http://www.toca-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml. [Último acceso: 12

Abril 2018].

- [49] Colombiamania, «Colombiamania,» 2017. [En línea]. Available: http://www.colombiamania.com/AA_IMAGENES/mapas/dptos/boyaca/02_Boyaca-politico-admin_zoom.jpg. [Último acceso: 10 Septiembre 2018].
- [50] Google, «Google Maps,» Google, 2018. [En línea]. Available: <https://www.google.com/maps/place/Toca,+Boyac%C3%A1/@5.5664117,-73.1894279,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e6a63fe361ae609:0xfa14f2f4c1603b66!8m2!3d5.566401!4d-73.185051>. [Último acceso: 10 Septiembre 2018].
- [51] Project Mangement Institute PMI, «PMI Colombia Bogotá Chapter,» 1998. [En línea]. Available: <http://www.pmicolombia.org/acerca-del-capitulo/>. [Último acceso: 10 05 2018].
- [52] Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, «Integración de las Energías Renovables No Convencionales en Colombia,» La Imprenta Editores S.A., Bogotá, 2015.
- [53] Federación Colombiana de Ganaderos FEDEGAN, «FEDEGAN,» FEDEGAN, 2012. [En línea]. Available: <http://www.fedegan.org.co/noticias/ganaderia-colombiana-sostenible-presenta-sus-avances>. [Último acceso: 15 Mayo 2018].

- [54] Project Management Institute, Inc., Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) Quinta edición, Pensilvania, EEUU: FSC, 2013.
- [55] Universidad ESAN , «Conexionesan,» 10 Agosto 2015. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2015/08/cuatro-modelos-evaluar-proyectos-inversion/>. [Último acceso: 30 Octubre 2018].
- [56] IDEAM, «Atlas de radiación solar ultravioleta y ozono de Colombia,» Unidad de planeación minero energética UPME, 2017. [En línea]. Available: <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>. [Último acceso: 23 Marzo 2018].
- [57] NASA, «NASA Surface meteorology and Solar Energy - Location,» NASA, 2016. [En línea]. Available: <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>. [Último acceso: 01 04 2018].
- [58] Escuela Superior de Administración Pública, «Sistema de Documentación e Información Municipal,» 04 Diciembre 2009. [En línea]. Available: <http://cdim.esap.edu.co/Combosdependientes.asp?PnDepartamentos=15&Pnmuni=15317>. [Último acceso: 06 Abril 2018].

9. Anexos

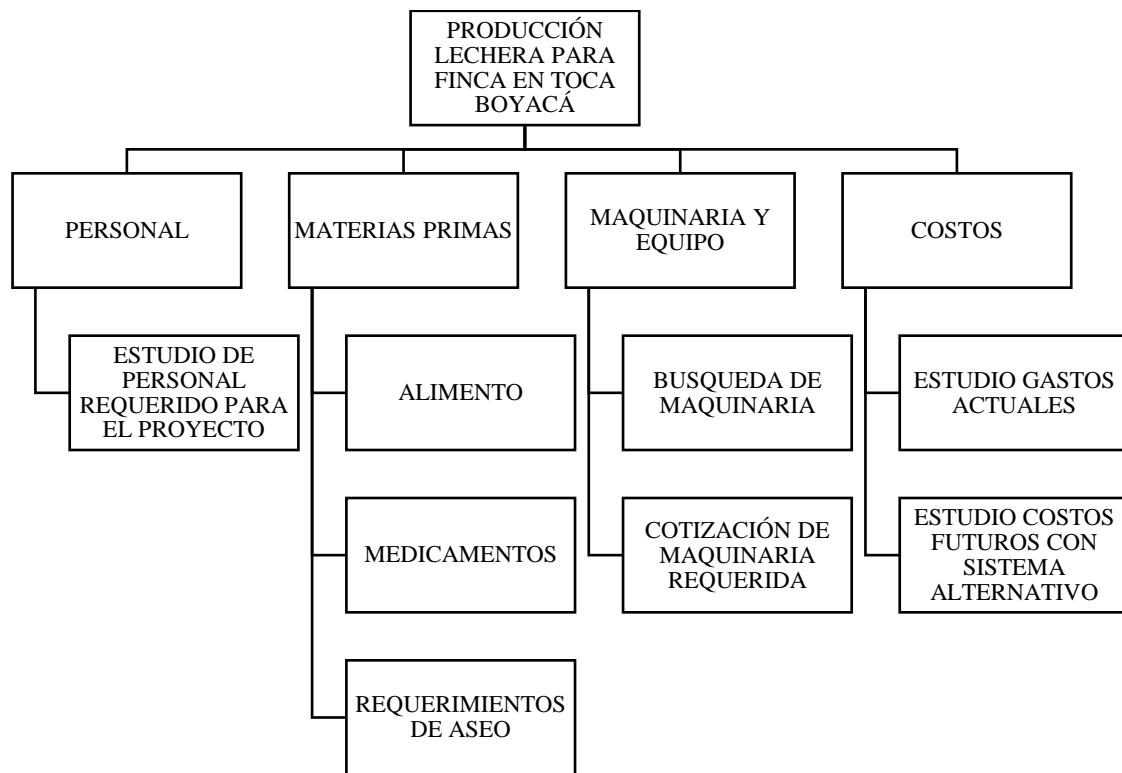
Anexo 1. Documento de alcance del proyecto

Nombre del Proyecto	
EVALUACIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA GANADERÍA SOSTENIBLE EN TOCA BOYACÁ	
Descripción del alcance del producto	
Requisitos: Condiciones o capacidades que debe poseer o satisfacer el producto para cumplir con contratos, normas, especificaciones u otros documentos	Características: Propiedades físicas, químicas, energéticas que son distintivas del producto y/o que describen su singularidad.
Disminución de costos para el productor	Uso de energía solar en el sistema de producción lechera
Cumplir normativa ambiental	Uso de espacios amplios para los paneles debido a la capacidad de producción
Requiere personal calificado para su ensamble	
Instalación del sistema en el lugar especificado por el estudio bioclimático	
Criterios de Aceptación del producto: Especificaciones o requisitos de rendimiento, funcionalidad, etc. que deben cumplirse antes que el cliente acepte el producto del proyecto	
Conceptos	Criterios de Aceptación
Técnicos	Cumplimiento de norma y especificaciones
De Calidad	Funcionamiento bajo estándares del sistema lechero con paneles solares
Administrativos	Ventajas de costos a futuro para el productor.

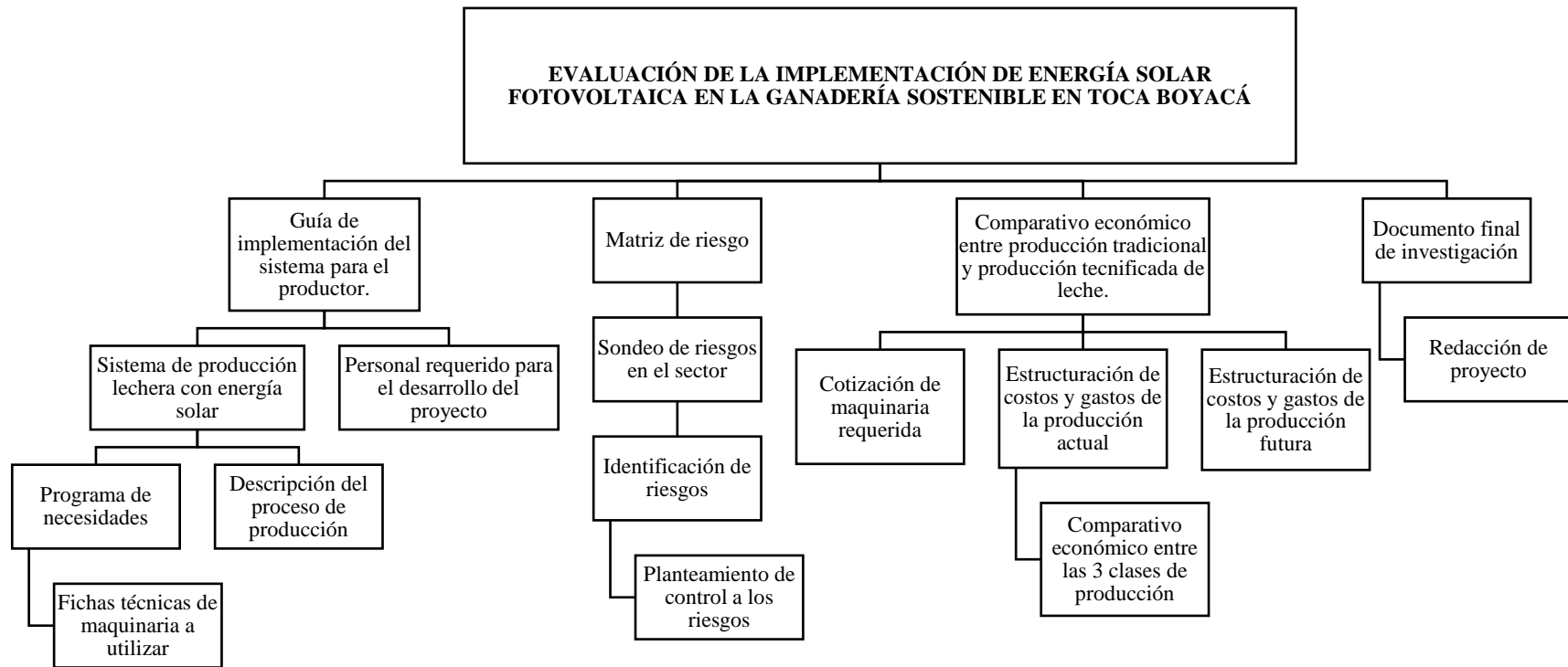
Comerciales	Reducción en el costo de ventas para mayor asequibilidad
Sociales	Amigable con el ambiente Contribución al desarrollo del agro colombiano.
Entregables del Proyecto: Productos entregables – intermedios y finales – que se generaran como parte del proyecto	
Nombre	Características
Guía de implementación del sistema para el productor.	Documento con la descripción detallada de los equipos requeridos, sus costos y los espacios necesarios para su funcionamiento.
Matriz de riesgo	Matriz de la implementación de este tipo de sistemas de producción sistematizados.
Comparativo económico entre producción tradicional y producción tecnificada de leche.	Documento que permita al productor analizar los pros y contras de la implementación de sistemas solares en la producción lechera y así darle la posibilidad de decidir cuál de los dos se ajusta más a sus necesidades y presupuesto.
Documento final de investigación	
Exclusiones del Proyecto: Entregables, procesos, procedimientos, espacios, etc. que son conocidas y no hacen parte del proyecto. Deben estar claramente establecidas para evitar incorrectas interpretaciones por parte de los Interesados del proyecto	
En este proyecto solo se realizará la evaluación de la implementación de un sistema de producción lechera con paneles solares, sobre un diseño esquemático mas no se entregará el sistema físico al productor.	
Restricciones del Proyecto: Factores que limitan el rendimiento del proyecto, afectan el rendimiento de un proceso o las opciones de planeación del proyecto. Pueden aplicar a los objetivos del proyecto o a los	

recursos que utiliza el proyecto.	
Internas a la Organización	Ambientales o Externas a la Organización
Falta de instrumentos disponibles para las mediciones técnicas.	Disponibilidad de tiempo del tutor disciplinar
	Falta de referentes en el sector
	Idioma de la información encontrada.
Supuestos del proyecto: Factores que para propósito de la planificación del proyecto se consideran verdaderos, reales o ciertos.	
Internos a la organización	Ambientales o Externas a la Organización
Adquisición de toda la información necesaria para realizar la evaluación y comparativos.	Condiciones técnicas favorables
Disponibilidad de tiempo para realizar la evaluación.	Se cuenta con suficientes proveedores para la elaboración del producto.
Se aumentará la producción usando treinta cabezas de ganado (actualmente se tienen once cabezas de ganado)	Se obtendrán las licencias y permisos ambientales necesarias para el inicio del nuevo proyecto.
	La comunidad apoyará el desarrollo de este proyecto.
	Terreno disponible para realizar la evaluación
	El propietario está dispuesto a que la evaluación sea realizada en el terreno
	Se cuenta con el presupuesto para realizar la evaluación

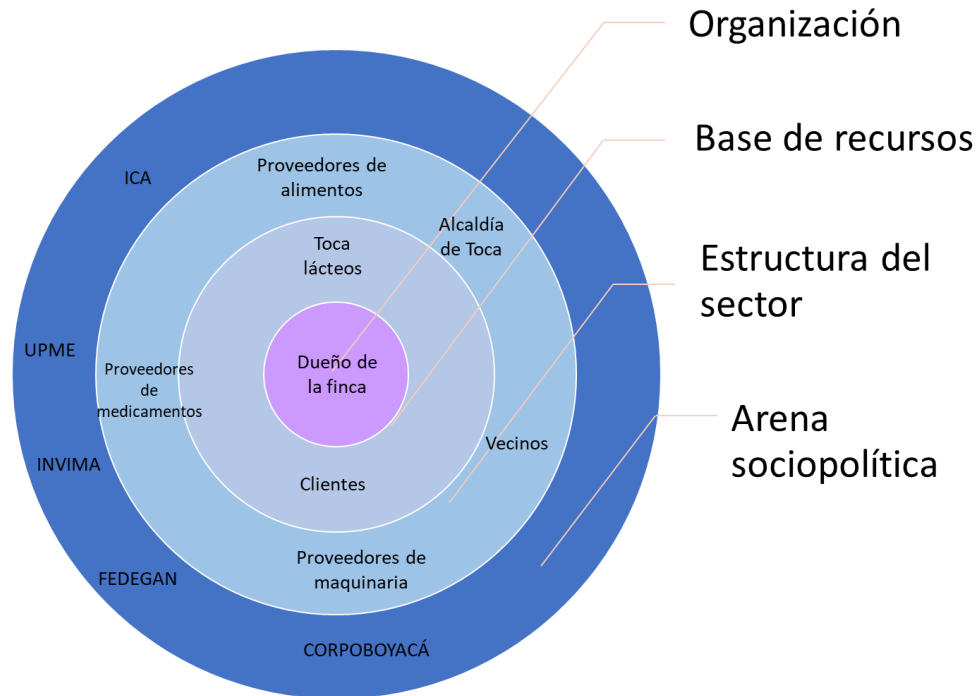
Anexo 2. Cuadro de afinidad: requerimientos del proyecto



Anexo 3. Estructura de desglose de trabajo (EDT)



Anexo 4. Gestión de interesados



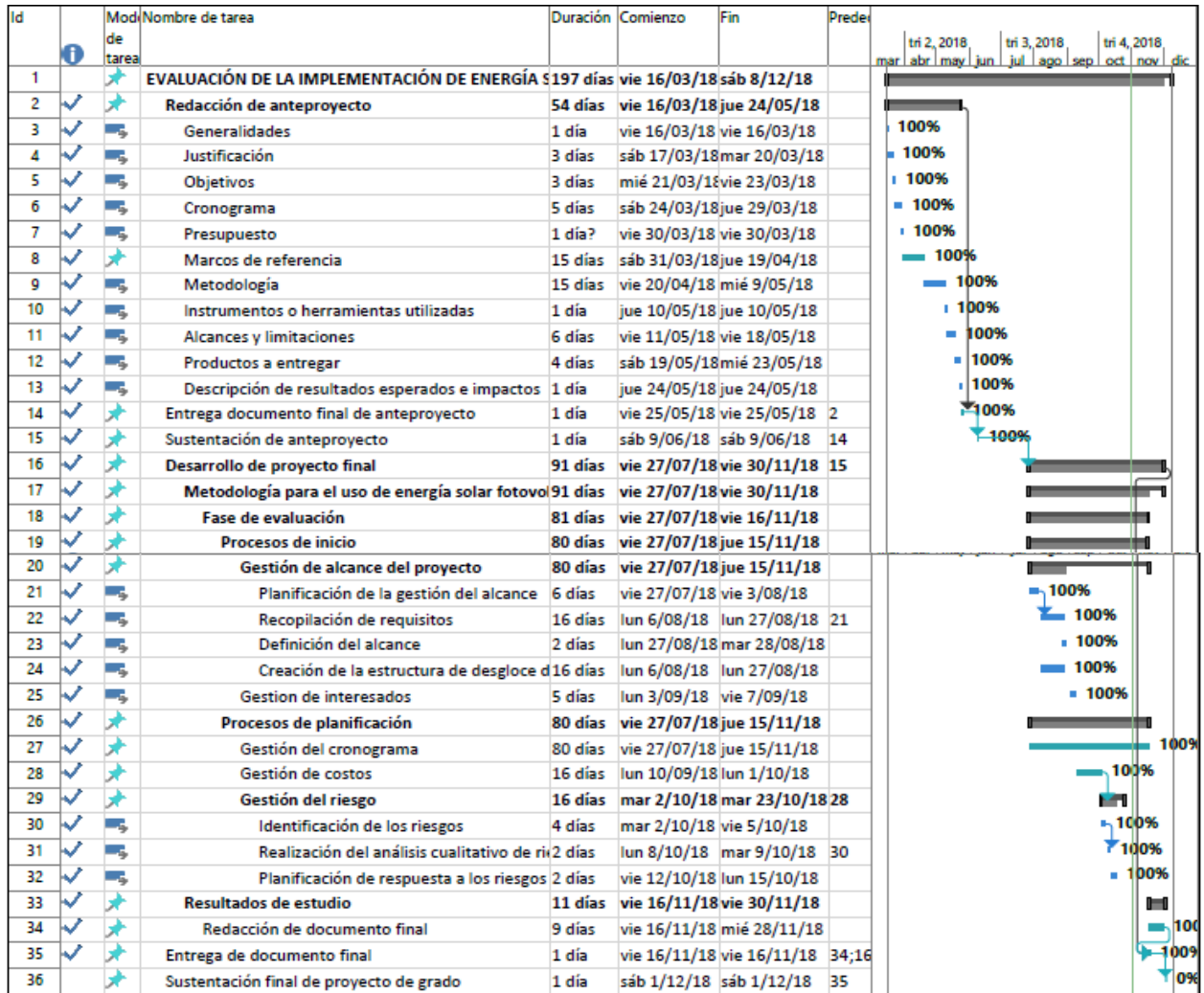
Lee, Post and Sybille, 2002

INTERESADO	INTERÉS EN EL PROYECTO	NIVEL DE PODER	ESTRATEGIAS POTENCIALES PARA GANAR APOYO Y REDUCIR OBSTÁCULOS
Nombre: Nelson Camargo Título: Productor lácteo Supervisor: Laura Camargo Función en el proyecto: Dueño del terreno en el que se va a realizar el proyecto Información de contacto: Cel: 3113153595 - Cra 13#17-61 Tunja Requerimientos: Guía de implementación de la energía solar fotovoltaica en la producción lechera Expectativas: Disminución de costos y gastos en la producción lechera, a través de la contribución al medio ambiente Impacto: Alto Nivel de influencia: Alto Actitud a cerca del proyecto: Excelente	Alto	Medio	Mantener una comunicación constante durante el desarrollo del proyecto, siempre buscando conocer sus requerimientos
Nombre: Propietarios de fincas aledañas Título: Vecinos Supervisor: Paula Garzón Función en el proyecto: Posibles futuros usuarios del sistema Información de contacto: Requerimientos: Explicaciones sobre el funcionamiento del sistema Expectativas: Que el proyecto implementado por primera vez, cumpla a cabalidad con los objetivos y así reconocer su éxito Impacto: Bajo Nivel de influencia: Bajo Actitud a cerca del proyecto	Medio	Bajo	Demostrar que la implementación de este tipo de sistemas trae beneficios para los productores.









Nombre: Universidad Católica de Colombia	Alto	Bajo	Desarrollo de la temática de manera que permita a la universidad generar nuevos campos de acción.
Título: Supervisor del proyecto			
Supervisor: Paula Garzón			
Función en el proyecto: Revisión del desarrollo del proyecto			
Información de contacto: Carrera 13 # 47 – 30 Bogotá - Tel: (57 1) 3 27 73 00			
Requerimientos: Desarrollar un buen proyecto bajo la metodología de la gerencia de obras.			
Expectativas: Aplicar conocimientos adquiridos durante la especialización			
Impacto: Alto			
Nivel de influencia: Alto			
Nombre: CorpoBoyacá	Bajo	Alto	Seguimiento correcto de las normas ambientales planteadas para un desarrollo seguro y adecuado del proyecto, sin generar interferencias en el crecimiento medioambiental
Título: Corporación autónoma regional de Boyacá			
Supervisor: Ministerio de medio ambiente			
Función en el proyecto: Autoridad ambiental y de protección de los recursos naturales renovables y el ambiente, y la formación de cultura ambiental, de manera planificada.			
Información de contacto:			
Requerimientos: Cumplimiento de normas			
Expectativas: Desarrollo del proyecto regido por normativa ambiental establecida			
Impacto: Alto			
Nivel de influencia: Alto			
Actitud a cerca del proyecto: Buena	Alto	Medio	Generación de una nueva estrategia que permita mejorar las condiciones de la producción láctea para los
Nombre: FEDEGAN			
Título: Autoridad ganadera			
Supervisor: Laura Camargo			

<p>Función en el proyecto: Autoridad ganadera que busca el desarrollo de nuevos proyectos sostenibles.</p> <p>Información de contacto: Calle 37 N° 14 - 31 Bogotá - Tel: 57 (1) 578 2020</p> <p>Requerimientos: Seguimiento de normativa existente en ganadería</p> <p>Expectativas: Generación de nuevas posibilidades para la sostenibilidad de la ganadería</p> <p>Impacto: Alto</p> <p>Nivel de influencia: Medio</p> <p>Actitud a cerca del proyecto: Excelente</p>			pequeños productores, con el uso de sistema amigables con el medio ambiente
<p>Nombre: Toca Lácteos</p> <p>Título: Principal cliente del productor</p> <p>Supervisor: Paula Garzón</p> <p>Función en el proyecto: Productor lácteo que adquiere la materia prima generada en la finca a evaluar</p> <p>Información de contacto:</p> <p>Requerimientos: Mayor producción lechera y mejores precios de adquisición</p> <p>Expectativas: Generación de una mayor producción lechera a precios más cómodos</p> <p>Impacto: Alto</p> <p>Nivel de influencia: Medio</p> <p>Actitud a cerca del proyecto: Excelente</p>	Alto	Medio	Mejorar el nivel de producción mediante sistemas sostenibles a un menor costo.








Anexo 5. Cronograma desarrollado






Anexo 6. Elementos requeridos para ordeño mecánico

Equipo		Cantidad	Horas/Día
	Máquina de ordeño. Motor monofásico de 2 hp	2	4
	Tanque de enfriamiento trifásico de 3,5 hp. Capacidad de 1000 L	1	24
	Electrobomba. Motor trifásico de 5 hp	2	3
	Cercas eléctricas	2	24
	Motor picapasto monofásico de 2,5 hp	1	12
	Bombillos de bajo consumo	24	1
	Calentador de agua, capacidad de 16 L	1	2
	Hidro lavadora, capacidad 6 L	1	2
	Establo	1	24
	Cuarto de máquinas	1	24

Anexo 7. Análisis de equipos y diseño fotovoltaico

Equipo		Cantidad	Tensión nominal (w)	Horas/Día	Corriente nominal (A)	W/H
	Máquina de ordeño. Motor monofásico de 2 hp	2	220	4	11	55,00
	Tanque de enfriamiento trifásico de 3,5 hp. Capacidad de 1000 L	1	230	24	12	9,58
	Electrobomba. Motor trifásico de 5 hp	2	230	3	17.5	76,66
	Cercas eléctricas	2	12	24	1.3	0,50
	Motor picapasto monofásico de 2,5 hp	1	220	12	13	18,33
	Bombillos de bajo consumo	24	12	1		12,00
	Calentador de agua, capacidad de 16 L	1	120	2		60,00
	Hidro lavadora, capacidad 6 L	1	1.300	2		650,00

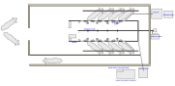
Equipo		Cantidad	Tensión nominal (w)	Horas/Día	Corriente nominal (A)	W/H
	Panel solar	290	190	24		7,91
	Baterías	809			90	5,50
	Inversor de corriente	1	1.500	24	12	62,00

Resultado	
Paneles (cantidad)	290
Potencia solar	55.100 W
Baterías (cantidad)	809
Capacidad baterías	72.741 Ah
Regulador	12 V
Corriente de entrada	2.621 A
Inversor potencia	12.000 VA
Inversor entrada	12 v
Salida	230 V

Condiciones de diseño	
Inclinación paneles	15 °
Días autonomía	2
Tensión del sistema	12 V
Tensión del panel	21,4 A
Intensidad pico del panel	7,23 A
Potencia del panel	190 W
Tensión de la batería	12 V
Capacidad Batería	90 Ah

Anexo 8. Costo de maquinaria requerida

Equipo		Cantidad	Valor unitario	Valor total
	Máquina de ordeño. Motor monofásico de 2 hp	2	\$ 5.300.000	\$ 10.600.000
	Tanque de enfriamiento trifásico de 3,5 hp. Capacidad de 1000 L	1	\$ 8.000.000	\$ 8.000.000
	Electrobomba. Motor trifásico de 5 hp	2	\$ 915.600	\$ 1.831.200
	Cercas eléctricas	2	\$ 150.000	\$ 300.000
	Motor picapasto monofásico de 2,5 hp	1	\$ 395.000	\$ 395.000
	Bombillos de bajo consumo	24	\$ 8.000	\$ 192.000
	Calentador de agua, capacidad de 16 L	1	\$ 1.382.900	\$ 1.382.900
	Hidro lavadora, capacidad 6 L	1	\$ 229.900	\$ 229.900
	Panel solar	290	\$ 153.549	\$ 44.529.210
	Baterías	809	\$ 756.400	\$ 611.927.600
	Inversor de corriente	1	\$ 1.243.602	\$ 1.243.602

	Establo	1	Ya existente	
	Cuarto de máquinas	1	Ya existente	

Anexo 9. Matriz de riesgo

CATEGORIAS		ESCENARIO DE RIESGO	PROBABILIDAD	IMPACTO	SEVERIDAD	ACEPTAR	TRANSFERIR	MITIGAR	EVITAR	PLAN DE ACCIÓN	OBSERVACIONES	PROBABILIDAD	IMPACTO	SEVERIDAD
1	Ambientales y naturales	Variaciones climáticas	0,4	0,7	0,28	x				Uso de energía corriente		0,2	0,7	0,14
		Enfermedad de animales	0,4	1,0	0,40				x	Controles médicos regulares		0,2	1,0	0,2
		Cantidad baja de animales	0,2	1,0	0,20							0,2	1,0	0,2
		Terreno	0,1	1,0	0,10							0,1	1,0	0,1
		Manejo de desechos	0,5	0,7	0,35				x	Capacitación de personal sobre manejo de residuos		0,2	0,7	0,14
2	Normativa	Manejo de alimentos	0,2	1,0	0,20							0,2	1,0	0,2
		Salubridad en producción	0,6	0,9	0,54				x	Capacitación de personal sobre salubridad en el trabajo		0,3	0,9	0,27
		Norma ambiental	0,3	0,8	0,24							0,3	0,8	0,24
		Normativa de sostenibilidad	0,3	0,8	0,24							0,3	0,8	0,24
		Obligaciones sociales	0,3	0,8	0,24							0,3	0,8	0,24
		Cambio de normativa	0,3	0,8	0,24							0,3	0,8	0,24
3	Económico	Costos de maquinaria	0,6	0,9	0,54			x		Reservar presupuesto para posibles alzas en los precios		0,3	0,9	0,27

		Costos de insumos	0,5	0,8	0,40	x				Adquirir un % de materias primas para almacenar		0,3	0,8	0,24
		Costo mano de obra	0,3	0,8	0,24							0,3	0,8	0,24
		Costos de producción	0,5	0,9	0,45				x	Poseer una amplia lista de proveedores que permitan disminuir costos de materias primas		0,3	0,9	0,27
		Disminución en ventas	0,4	0,9	0,36				x	Búsqueda de más compradores		0,3	0,9	0,27
		Adquisición de animales	0,4	1,0	0,40				x	Realizar análisis del mercado para obtener nuevos vendedores		0,2	1,0	0,2
	4 Maquinaria	Mantenimiento	0,3	0,8	0,24							0,3	0,8	0,24
		Repuestos	0,3	0,8	0,24							0,3	0,8	0,24
		Daño	0,4	1,0	0,40				x	Capacitación de personal para uso correcto de maquinaria		0,2	1,0	0,2
		Pérdida total	0,2	1,0	0,20							0,2	1,0	0,2
		Renovación de equipos	0,2	1,0	0,20							0,2	1,0	0,2
		Robo de maquinaria	0,2	1,0	0,20							0,2	1,0	0,2

PROBABILIDAD	SEVERIDAD								
0,9	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81
0,8	0,08	0,16	0,24	0,32	0,40	0,48	0,56	0,64	0,72
0,7	0,07	0,14	0,21	0,28	0,35	0,42	0,49	0,56	0,63
0,6	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30	0,36	0,42	0,48	0,54
0,5	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
0,4	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,28	0,32	0,36
0,3	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,27
0,2	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
0,1	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
IMPACTO	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9

Anexo 10. Tabla de símbolos alfabetizables RAE

Símbolo	Nombre
A	Amperio
Ah	Amperio por hora
L	Litro
W	Watts
hp	Horsepower, unidad de potencia
V	Voltio
VA	Voltio-amperio